

Bibliothek  
der  
technischen Hochschule

**Ja**  
**294**  
**(Imp. Bd 1,5)**  
Braunschweig





UB Braunschweig

84



10086-607-6





Je

Ja-294  
C. Eng. Bd 1,5)

# DIE PHARMAZIE

5. Beiheft / 1. Ergänzungsband

---

## DIE AUFBEREITUNG VON BADETORF

VON

PROF. DR.-ING. W. GRUNDER, FREIBERG/SA.

DR. PHIL. W. BENADE †

DR.-ING. N. ORDJANIAN, TEHERAN, Z. Z. NEW-YORK



ARBEITSGEMEINSCHAFT MEDIZINISCHER VERLAGE GMBH  
VERLAG DR. WERNER SAENGER · BERLIN

---

Verantwortlich für die Schriftleitung: Dr. W. Saenger, Berlin; für den Verlag: Dr. W. Saenger, Berlin;  
für den Anzeigenteil: Kurt Klimmer (Arbeitsgemeinschaft medizinischer Verlage). Schriftleitung, Verlag  
und Anzeigenannahme: Berlin SW 68, Neue Grünstraße 18. Fernsprecher: 42 30 97

Veröffentlicht unter Lizenz Nr. 60 der SMAD/G.N. 21 1 12. Druck: D 05 148 3,5 Landesdruckerei Sachsen  
Printed in Germany

**R 268**



## INHALTSVERZEICHNIS

Einleitung . . . . .	345
Die Moorlagerstätten . . . . .	347
<b>Zusammensetzung und Eigenschaften der Torfe</b>	
Das Wasser im Torf . . . . .	350
Das spezifische Gewicht der Torfe im wasserfreien und bade fertigen Zustand . . . . .	352
Der Feinheitsgrad des Feststoffes . . . . .	353
Die thermischen Eigenschaften . . . . .	355
Die Azidität des Dickschlammes . . . . .	358
<b>Das Moorbad</b>	
Konsistenz und Viskosität . . . . .	358
Chemische und physikalische Wirkungen . . . . .	361
<b>Grundlagen der Badetorfaufbereitung</b>	
Die Lagerung des Rohtorfes . . . . .	362
Die Zerkleinerung des Torfes . . . . .	365
Das Mischen des Torfes mit Wasser . . . . .	369
Die Klassierung des Dickschlammes . . . . .	373
Die Grobkornaufbereitung . . . . .	377
Die Erwärmung des badegerechten Dickschlammes . . . . .	379
<b>Der Aufbereitungsstammbaum</b>	
Der Stammbaum einer älteren Badetorfaufbereitungs- anlage (Handbetrieb) . . . . .	384
Der Aufbereitungsstammbaum einer satzweise und stetig arbeitenden Anlage . . . . .	385
Zusammenfassung . . . . .	394
Literatur . . . . .	395





## EINLEITUNG

Die Aufbereitung des Torfes für industrielle Zwecke hat in den letzten Jahrzehnten besonders durch umfangreiche Forschungsarbeiten in der Versuchsanstalt für technische Moorverwertung (Keppeler<sup>1)</sup>) beachtliche Fortschritte gemacht. Der Aufbereitung des Torfes als Heilmittel für Moorbäder<sup>2</sup> wurde jedoch bislang nur eine recht bescheidene Bedeutung zuerkannt. Im Laufe der Zeit sind zwar in den Aufbereitungsanlagen einiger Moorbäder Vorrichtungen zum Zerkleinern und Mischen eingebaut worden, die jedoch nur selten den Rohtorf ausreichend aufschließen. Da ferner die Handarbeit noch heute bei der Herstellung des badegerechten Dickschlammes mehr oder weniger üblich ist und dadurch die Gestehungskosten der Moorbäder erheblich belastet werden, erscheint es berechtigt, zur Frage der „Badetorfaufbereitung“ eingehender Stellung zu nehmen.

Aufgabe und Zweck der vorliegenden Arbeit ist die Entwicklung eines geeigneten Aufbereitungsverfahrens, das den Anforderungen entspricht, die an ein „normalkonsistentes Moorbad“ zu stellen sind. Dabei sollen gleichzeitig auch die Betriebskosten im Vergleich zur Handarbeit wesentlich herabgesetzt werden.

Da dem Balneologen die aufbereitungstechnische Arbeits- und Betrachtungsweise ferner liegt, sei einleitend kurz *das Wesen der Aufbereitung* gekennzeichnet. Im Rahmen des Bergbaues nimmt z. B. die Aufbereitung eine Zwischenstellung ein, sie ist Bindeglied zwischen Rohstoffherzeuger und Verbraucher oder weiterverarbeitender Industrie. Der Aufbereiter blickt daher einmal nach der Lagerstätte und den Eigenschaften des geförderten Gutes, zum anderen nach den Anforderungen, die der Verbraucher an das Aufbereitungserzeugnis stellt. Auch bei der Bearbeitung der Badetorfaufbereitung ist es daher notwendig, zunächst die Moorlagerstätten und ihren Inhalt, den Rohtorf, eingehender zu betrachten. Bei der ersten experimentellen Arbeit mit verschiedenen Torfarten wurde bereits erkannt, daß bei der Aufstellung eines Aufbereitungsstammbaumes *jeweils der Eigenart des Rohtorfes Rechnung zu tragen* ist. So sind beispielsweise die Unterschiede zwischen Wald-

bruchtorf und Moostorf so erheblich, daß Verarbeitungsgang und Planung verschieden durchgeführt werden müssen, um schließlich den Anforderungen entsprechen zu können, die an ein Moorbad gestellt werden. Da es sich bei der Badetorfaufbereitung keineswegs *nur* um die Entwicklung einer *geeigneten Moormühle* handelt, sondern vielmehr um ein *geeignetes Aufbereitungsverfahren*, hat sich der Aufbereiter zunächst mit der Lagerstätte und mit dem Moorbad selbst auseinanderzusetzen.

Die Badetorfaufbereitung stellt ein Grenzgebiet dar, das nicht nur vom Standpunkt des Aufbereiters, sondern auch von der balneologischen, und zwar der chemisch-physikalischen, mikro-biologischen und medizinischen Seite her der Bearbeitung bedarf. Ein eingehendes Studium der Zusammenhänge und der Ergebnisse der Moorforschung ist die Voraussetzung für eine erfolgreiche Arbeit. Im Folgenden sollen daher zunächst einige Grundbegriffe erläutert und zusammengestellt werden, die zwar dem Balneologen geläufig, die aber für die Entwicklung eines Aufbereitungsverfahrens von entscheidender Bedeutung sind.



## Die Moorklagerstätten.

Das umfangreiche Schrifttum <sup>1-11</sup> vermittelt bereits einen tiefen Einblick in die Genesis der Moorklagerstätten und die Torfeigenschaften. Dabei ist hervorzuheben, daß eine einheitliche Bezeichnung der Unterwasserablagerungen geschaffen wurde, die nicht nur vom Balneologen, sondern auch von der Geologie, der Limnologie, der Meereskunde und Baugrundforschung anerkannt ist (Benade<sup>12</sup>, Potonié<sup>13</sup>). In Verbindung hiermit ist auch beschlossen worden, in der Balneologie die natürliche Lagerstätte als „Moor“ und den Inhalt als „Torf“ zu bezeichnen. Torf ist das jüngste Glied der Inkohlungsreihe: Graphit, Anthrazit, Steinkohle, Braunkohle, Torf.

Die nachstehende Zusammenstellung gibt einen Überblick über die verschiedenen Moorklagerstätten und ihren Inhalt. Bei den Torfarten sind nur die hauptsächlichsten angeführt, die auch für Badezwecke Verwendung finden. Besonders wurde auch die Aufbereitungsmöglichkeit nach den bisherigen Methoden berücksichtigt. Es ergibt sich, daß gerade die wertvollen, stark zersetzten Torfe, die „Specktorfe“, die meist in tieferen Lagen vorkommen, infolge ihrer Verfestigung durch den Druck der darüber lagernden Schichten sowie durch ihre Klebrigkeit bisher große Schwierigkeiten bei der Aufbereitung boten. Durch das im folgenden beschriebene Aufbereitungsverfahren ist es heute ohne weiteres möglich, gerade diese Torfe aufzuschließen. Damit bedeutet das Verfahren nicht nur technisch, sondern auch für die gesamte Moorktherapie einen wesentlichen Fortschritt.

Lagerstätte	Entstehungsbedingungen	Äußere Beschaffenheit der Torfart und Aufbereitungsmöglichkeit
<b>Hochmoor</b> gewölbte, hohe Geländeform.	Wasserversorgung d. Niederschläge; „ombrogen“. Keine nährstoffreichen Zuflüsse, also oligotroph. Kann als Fortsetzung von Zwischenmooren entstehen, ferner auf Bergkämmen od. Hängen. Auch durch Verlandung oligotropher Teiche; dann ist das Hochmoor „soligen“, d. h. mit dem Gelände in Verbindung.	<b>Jüngerer Moostorf</b> (Sphagnumtorf), gelbbraun bis rötlichbraun, wenig zersetzt, faserig, oft mit Wollgrasbüscheln durchsetzt, mitunter Kiefer- und Birkenholzreste von fester Struktur. Wenig Humuskolloide. Durch den Gehalt an Fasern, die zäh und elastisch sind, bisher zur Bereitung von Moorbädern schwierig zu zerkleinern.
		<b>Alterer Moostorf</b> , schwarzbraun. Mit zunehmendem Alter Zunahme des Zersetzungsgrades. In tieferen Schichten fast strukturlos, kompakt, klebrig, sogenannter Specktorf. Sehr hoher Gehalt an Humuskolloiden. Balneologisch zweifellos wertvoll, jedoch ohne Mischung mit weniger zersetztem Torf bisher zu Bädern kaum verarbeitet, weil die Aufbereitung von Hand oder mit den bisherigen Mühlen unzureichend war.

Lagerstätte	Entstehungsbedingungen	Äußere Beschaffenheit der Torfart und Aufbereitungsmöglichkeit
<b>Zwischenmoor</b> (Übergangsmoor). Das Gelände ist eben, bis schwach gewölbt.	Wasserversorgung d. Grundwasser und Niederschläge. Nährstoffverhältnisse mesotroph. Bildung als Fortsetzung von Flachmoor, auch als Hangmoor oder sonst auf nassem Boden in Mulden.	<p><b>Moosmischtorf</b> (Moos-Wollgras-Seggentorf), braun, im allgemeinen besser zersetzt als der jüngere Moostorf, aber auch vielfach faserig. Steine kaum vorhanden. Holzgehalt wechselnd. Bei Bereitung der Bäder stören die Fasern.</p> <p><b>Waldmoortorf</b>, schwarzbraun. Stark holzführende (Birke, Kiefer, Fichte, Erle, Faulbaum) Moos-Seggentorfe, meist stark zersetzt, also reich an Humuskolloiden. Teils ton- und sandhaltig. Steine kommen vor. Zu Moorbädern häufiger verwendet. Holz oft stark aufgeweicht, leicht zu zerkleinern. Der Abbau am Lager ist zeitraubend, da viel Holz ausgelesen werden muß.</p>
<b>Flachmoor</b> (Niederungsmoor). Das Gelände ist flach.	Sehr hoher Grundwasserstand bei feuchtem Klima. Nährstoffverhältnisse eutroph. Deutlicher Kalkgehalt. Bildung durch Verlandung eutropher Gewässer, „Verlandungsflachmoor“. In Becken, Tälern, Lagunen. Danach auch Benennung „Beckenmoore“, „Talamoore“, „Lagunenmoore“. Am Austritt von Quellen kommt es zur Bildung von hügelartigen „Quellmooren“. An feuchten Hängen können „Hangflachmoore“ entstehen.	<p><b>Holzführender Flachmoortorf</b>, dunkelbraun mit Resten von Erle, Birke, auch Nadelholz, Seggen- und Schilfrete. Vielfach gut zersetzt. Holz aufgeweicht, viel Humuskolloide. Durch mineralische Einschwemmungen oft höherer Aschengehalt. In frischem Zustand weich und nach Auslesen des Holzes zur Bereitung von Bädern verhältnismäßig leicht zu verarbeiten.</p> <p><b>Seggentorf (Carexortorf)</b>. Farbe hell- bis dunkelbraun. Aus Wurzelstöcken, Wurzeln und Blättern von Groß- und Kleinseggen als Leitpflanzen aufgebaut. Daneben andere Sumpfpflanzenreste. Zersetzungszustand wechselt. Höherer Ton- und Sandgehalt durch Einschwemmungen nicht selten. Frisch seifig, weich. Zu Bädern werden besser zersetzte Arten verschiedentlich verwendet. Aufbereitung nicht allzu schwierig, da leicht aufzuteilen.</p> <p><b>Schilftorf (Phragmitestorf)</b>. Junger Schilftorf ist hell, sperrig, faserig. Älterer Schilftorf ist fast schwarz, enthält sehr viel Humuskolloide. Er ist speckig. Ton und Sand oft reichlich. Vielfach auch reichlich mit Gytja (org. Schlamm) durchsetzt. Meist kommt für Bäder Schilftorf von mittlerem Zersetzungsgrad zur Verwendung, weil der stark zersetzte Torf zu klebrig ist und bisher zu schwierig aufzubereiten war.</p> <p><b>Mineralisierte Flachmoortorfe</b>, meist dunkel, fast schwarz, teils holzführend, die Leitpflanzen wechseln. An löslichen Salzen angereichert, durch Quellsutritt (Solquellen, Eisen-Mineralquellen). Meist stark zersetzt und humifiziert, jedoch nicht speckig. Aufbereitung ohne größere Schwierigkeiten möglich. Die Vitrioltorfe greifen Metalle sehr stark an, da sie freie Schwefelsäure enthalten.</p>

Lagerstätte	Entstehungsbedingungen	Äußere Beschaffenheit der Torfart und Aufbereitungsmöglichkeit
<b>Moorerde-Gelände</b>	Hoher Grundwasserstand, eutroph. Bildung in nassem, verschlammtem Wiesen- und Waldgelände, oft an Hängen.	<b>Moorerden</b> , dunkelbraun bis schwarzbraun, haben den Charakter von Flachmoortorfen, enthalten jedoch 50 Prozent und mehr Ton und Sand. Meist stark zersetzt, etwa vorhandenes Holz stark aufgeweicht. Moorerden trocknen leicht, sind dann krümelig, enthalten mitunter Steine. Die Zerkleinerung und Aufbereitung zu Bädern bereitet keine Schwierigkeiten.

Infolge der verschiedenen Ausgangspflanzen, die an der Torfbildung teilnehmen, wird entsprechend der mehr oder minder fortgeschrittenen Humifikation das Endprodukt „der Torf“ verschiedene Eigenschaften besitzen. So wird z. B. der Gehalt an grobmechanisch- oder kapillargebundenem Wasser beim Hochmoor infolge der geringeren Zersetzung der Pflanzen höher sein, als beim Flachmoor. Der Anteil an Humusstoffen und Kolloiden wird beim Niedermoor wiederum größer als beim Hochmoortorf sein. So ist es auch verständlich, daß z. B. der Aschengehalt, das spez. Gewicht, der Dispersitätsgrad, das Wasserbindungs- und Quellungsvermögen, die Azidität oder der Gehalt an mineralischen Stoffen bei den verschiedenen Torfarten verschiedene Werte aufweisen.

### **Zusammensetzung und Eigenschaften der Torfe.**

Den Hauptbestandteil der Torfe bildet das auf verschiedene Arten gebundene Wasser, welches infolge seines großen Gewichtsanteils sämtliche physikalische Eigenschaften des Badetorfes stark beeinflusst. Die im Wasser enthaltenen gelösten Stoffe kommen in nennenswerten Mengen in sogenannten *Mineraltorfen* vor, das heißt in solchen, die durch Mineralquellen durchtränkt wurden. Auch durch Verwitterung können Mineralstoffe im Torf in den löslichen Zustand überführt werden. Das ist beim Lagern des öfteren der Fall. Die häufigsten der löslichen Bestandteile in Mineraltorfen sind Eisenverbindungen wie Ferrosulfat und Ferrisulfat. Auch Aluminium in Form des Al-Sulfates kann in kleineren Mengen vorkommen. In Salztorfen sind nicht selten Salze (KCl, NaCl) mit Br- und J-Spuren vorhanden. Auch organische Stoffe wie Pektine, Eiweißabbauprodukte, Zucker, Ameisensäure, Essigsäure u. a. sind in kleinen Mengen in löslicher Form vorhanden. Der anorganische Anteil ist je nach der Torfart in wechselnder Menge vorhanden; er spielt nur eine untergeordnete Rolle, auch weil er infolge seiner unlöslichen Form beim Baden wirkungslos ist. Sein prozentualer Anteil schwankt u. U. in weiten Grenzen und kann bei manchen Flachmooren sogar 40 % und mehr betragen. An erster Stelle steht hier der Quarz in verschiedensten Korngrößen. Auch Feldspäte, Glimmer und Tonsubstanz kommen in Torfen vor. Das in der Natur so häufig vertretene Eisen ist in Form von Pyrit, Markasit oder Eisenspat vertreten. Auch andere Metallverbindungen sind nicht ganz selten.



Die organischen Stoffe bestehen im Gegensatz zu dem anorganischen Anteil der Schlamme aus verrotten, humifizierten Pflanzenresten, die recht mannigfaltig sein können, wie aus der Beschreibung der Torfarten hervorgeht. Die Hauptstoffgruppen der Torfe sind Bitumen, Eiweißstoffe, Kohlehydrate (Hemicellulosen und Cellulose), Huminsäuren (Humus-säuren, Hymathomelansäuren, Lignohuminsäuren), Humine und Lignin. Mit fortschreitender Zersetzung verschwinden die Kohlehydrate mehr und mehr, und es kommt im Torf zu einer Anreicherung der Humin-säuren. Ausführlich ist die stoffliche Zusammensetzung der Torfe bei Benade<sup>3</sup> und Souci<sup>7</sup> besprochen.

#### a) Das Wasser im Torf

Der Rohtorf kann als mehr oder minder hochdisperses System fest-flüssig bezeichnet werden, wobei die feste Phase aus organischen und mineralischen Bestandteilen besteht. Die flüssige Phase, das Wasser, spielt dabei infolge seines hohen Gewichtsanteils eine ausschlaggebende Rolle. Ein Teil des Wassers ist *frei*, z. B. als Sickerwasser oder Grundwasser im Moor oder auch als Überschußwasser im Moorbad. Das an den Feststoff gebundene Wasser läßt sich je nach der Bindungsart im wesentlichen folgendermaßen unterscheiden:

1. Das *Porenwasser*, auch Okklusionswasser genannt, ist locker an Hohlräume gebunden, die größer als 1 mm sind. Dieses Wasser wird vom Torf unter Druck leicht abgegeben.

2. Das *Kapillarwasser* wird in Kapillarräumen gehalten und in geschlossenes und offenes Kapillarwasser unterteilt, je nachdem, ob es sich um von der Luft abgeschlossene Zonen oder um aerobe Zonen des Moores handelt. Man unterscheidet ferner Grobkapillarwasser vom Feinkapillarwasser, wobei das erstere z. T. noch abpreßbar ist. Dagegen vermögen auch höhere Drücke das Feinkapillarwasser nicht zu entfernen. Bei der Erwärmung des Torfes auf 105 ° C wird das Kapillarwasser praktisch ganz abgegeben.

3. Das *Kolloidwasser* (Quellungs- und Adsorptionswasser) ist an Gele (Huminsäure, Humine) fest gebunden. Dieses Wasser ist nicht abpreßbar. Bei der Erwärmung (105 ° C) wird nach Zerstörung des kolloiden Zustandes der Humusstoffe Kolloidwasser frei.

4. Das *Zellwasser* ist innerhalb der noch intakten Pflanzenzellen osmotisch gebunden. Dieses Wasser ist noch fester als Kolloidwasser an den Feststoff gebunden. Es geht nach der Zerstörung der Pflanzenzellen in Kapillarwasser über.

5. Das *Konstitutions- und Kristallwasser* ist im Gegensatz zu den vorher genannten Bindungsformen nicht mechanisch, sondern chemisch gebunden. Dieses Wasser wird erst durch chemische Zersetzung des Torfes frei. Weiteres über die verschiedenen Bindungsformen des Wassers im Torf s. bei W. Benade<sup>14</sup>.

Die Wassergehalte der Torfe sind großen Schwankungen unterworfen. Sie hängen von der Torfart, dem Zersetzungsgrad, dem Stand des Grundwassers und von anderen Faktoren ab. So kann z. B. ein wenig zersetzter Moostorf (Hochmoor) einen Gehalt von 95 % Wasser aufweisen; es wird sich hier hauptsächlich um Poren-, Kapillar- und Zellwasser handeln. Dagegen kann der Wassergehalt eines stark zersetzten Riedtorfes (Flachmoor) unter 80 % liegen. Hier handelt es sich weniger um Poren- und Kapillarwasser, sondern mehr um kolloid gebundenes Wasser.

Läßt man Torf längere Zeit frei an der Luft stehen, so verliert er sein Wasser bis auf etwa 22 %. Diese Grenze entspricht den Bedingungen des Gleichgewichtes Torf — Wasser — Luft und ist von der Luftfeuchtigkeit, Lufttemperatur, der Größe der Oberfläche, der kapillaren Leistungsfähigkeit usw. abhängig. *Auf diesen Wassergehalt getrockneter Torf verliert zum größten Teil seine Wasseraufnahmefähigkeit.* Diese Eigenschaft des Torfes ist in erster Linie auf seine kolloide Dispersion zurückzuführen. Es handelt sich hier um eine typische für Kolloide irreversible Zustandsänderung, die deshalb auch bei jüngeren Torfen (da arm an Kolloiden) nicht wahrzunehmen ist.

Noch eine Größe ist für die Herstellung der Moorbäder von größter Wichtigkeit, und zwar: die *Wasserkapazität*. Diese gibt an, *wieviel Wasser der Torf festzuhalten vermag*, nachdem er mit einem bestimmten Überschuß von Wasser in Berührung gewesen ist. Dieser Zustand der *vollen Wassersättigung des Torfes* hat eine sehr große praktische Bedeutung, da *bei diesem Wassergehalt der Torf die geeignetste Badekonsistenz hat* (Benade <sup>15</sup>).

Benade hat ferner auch Methoden zur Ermittlung der Wasserkapazität beschrieben, die für den Aufbereiter zur Berechnung der Mineral- oder Braunwasserzugaben für die Herstellung normalkonsistenter Bäder wichtige Grundbedingungen darstellen.

Nach diesen Methoden wurden im Moorforschungsinstitut in Franzensbad einige Marienbader Torfe untersucht, und zwar Proben von Aufbereitungsversuchen, die im Aufbereitungslaboratorium der Bergakademie Freiberg/Sachsen durchgeführt wurden. Es handelt sich zunächst um eine Rohtorfprobe aus dem Rojau-Moor, östlich von Marienbad gelegen, wobei Probe Ia aus dem oberen, Probe Ib aus dem unteren Horizont stammt. Eine zweite Probe wurde dem Marienbader Moorklager entnommen, und zwar Rohtorf, der 6—9 Monate auf dem Moorkhof des Zentralbades gelagert hat. Zu Vergleichsversuchen wurde ferner auch eine Probe von regeneriertem Torf gezogen. Die erhaltenen Werte der Feuchtigkeits- und Wasserkapazitätsbestimmungen sind in Zahlentafel 1 zusammengestellt, wobei auch bereits die Ergebnisse einiger Aufbereitungserzeugnisse verzeichnet sind.

**Zahlentafel 1**  
**Feuchtigkeitsgehalte und Wasserkapazität einiger Marienbader Torfe**

Bezeichnung der Probe		Feuchtigkeits- gehalt in %	Wasserkapazität	
			g Wasser je g Feststoff	Wassergehalt bei Normal- konsistenz in %
Rojau	Probe 1a . . . . .	80,20	13,15	92,93
	Probe 1b . . . . .	86,95		
Lagertorf		57,78	6,99	87,48
Regenerierter Torf		62,97	4,21	80,80
Rojau-Torf	+ 2 mm . . . . .	—	9,65	90,62
	— 2 mm . . . . .	—	10,36	91,19
	— 2 mm (gekollert) . .	—	9,46	90,43
	+ 5 mm . . . . .	—	11,35	91,90
	— 5 mm . . . . .	—	14,56	93,57
	— 5 mm (gekollert) . .	—	11,16	91,78

Der Feuchtigkeitsgehalt ist — wie zu erwarten — beim Lagertorf erheblich niedriger als bei der frischen Rohortorfprobe. Durch die Abtrocknung während der Lagerung hat auch die Wasseraufnahmefähigkeit stark abgenommen. Während beim Frischtorf von 1 g Feststoff rd. 13 g Wasser festgehalten werden, nimmt der Lagertorf nur noch rd. 7 g auf, d. h. daß man zur Herstellung eines normalkonsistenten Moorbades bei Verwendung von Lagertorf etwa die doppelte Menge Feststoff benötigt als beim Frischtorf.

*b) Das spez. Gewicht der Torfe im wasserfreien und badefertigen Zustand.*

Infolge des hohen Wassergehaltes liegt das spez. Gewicht der Torfe sehr nahe bei dem spez. Gewicht des Wassers. Zum anderen hängt es aber auch von der Torfart ab. Je größer der Anteil an anorganischen Stoffen ist, um so höher wird auch das spez. Gewicht sein. Die Torfe der Flachmoore haben daher auch höhere spez. Gewichte. Im allgemeinen steigt das spez. Gewicht mit der Zunahme des Aschengehaltes und des Torfalters. Die Werte schwanken etwa in folgenden Grenzen:

Rohortorf . . . . .	1,0 — 1,5
in wasserfreiem Zustand . . . . .	1,45 — 2,0
in badefertigem Zustand . . . . .	1,01 — 1,25.

Das spez. Gewicht des menschlichen Körpers beträgt im Mittel rd. 1,01. Von Bedeutung ist beim Moorbad das scheinbare spez. Gewicht, d. h. das Gewicht eines bestimmten Volumens des Torf-Wasser-Luft-Gemisches, verglichen mit dem gleichen Volumen Wasser. Infolge der mehr oder minder großen Luftkapazität des Rohorfes sind die Unterschiede zwischen Volumengewicht und spez. Gewicht merklich. Da das spez. Gewicht normalkonsistenter Moorbäder im allgemeinen etwas höher als das des Menschen ist, erklärt sich das Gefühl des „Schwebens“ beim Moorbaden.



**Zahlentafel 2**  
**Spezifische Gewichte einiger Marienbader Torfe**

Bezeichnung der Probe	Spez. Gewicht des Rohtorfes bei + 20° C	Spez. Gewicht bei Normal- konsistenz und + 40° C	Spez. Gewicht bei 90 % Wassergehalt und + 40° C	Spez. Gewicht der Trocken- substanz bei + 20° C	ph-Zahlen des Dick- schlammes
Rojau-Torf . . . . .	1,057	1,019	1,030	1,588	5,40
Lagertorf . . . . .	1,260	1,043	1,032	1,636	4,84
Regenerierter Torf .	1,230	1,097	1,044	1,995	4,39
Rojau-Torf:					
+ 2 mm . . . . .	—	1,026	1,028	1,539	4,87
— 2 mm . . . . .	—	1,025	1,029	1,572	5,21
— 2 mm (gekollert)	—	1,028	1,030	1,581	5,33
+ 5 mm . . . . .	—	1,020	1,027	1,521	5,12
— 5 mm . . . . .	—	1,017	1,034	1,611	5,29
— 5 mm (gekollert)	—	1,024	1,031	1,605	5,37

Zahlenangaben der untersuchten Marienbader Torfe sind in Tafel 2 zusammengestellt. Demnach haben die Lager- und regenerierten Torfe höhere spez. Gewichte als der Frischtorf aus dem Rojau-Moor. Dies ist auf die Veränderungen beim Lagern (höherer Sand- und Tongehalt) sowie auf den geringeren Feuchtigkeitsgehalt zurückzuführen.

*c) Der Feinheitsgrad des Feststoffes.*

Die Korngröße eines zur Aufbereitung kommenden Gutes spielt immer eine beachtliche Rolle und ist oft entscheidend für die Wahl des Aufbereitungsverfahrens. Beim Rohtorf handelt es sich um ein System fest-flüssig, wobei die disperse Phase (flüssig) das Dispersionsmittel (fest) durchtränkt. Nach Entfernung der noch unzersetzten groben Holzreste, des Wurzelwerkes und der Pflanzenfasern ist der aufgeschlossene Torf mehr oder minder hochdispers. Gerade der hohe primäre Feinheitsgrad macht die Verwendung des Torfes für Heilzwecke so wertvoll. Ein Teil des Feststoffes liegt bereits im Bereich der kolloiden Dispersion. Dieser kolloiddisperse Anteil ist gerade für die Heilwirkung eines Moorbades von größter Bedeutung, denn ein Moorbad ist um so wirksamer, je enger der Kontakt zwischen Hautoberfläche und Dick-schlamm ist. Da die spez. Oberfläche eines kolloiddispersen Stoffes außerordentlich groß ist, hat bereits ein geringer Anteil an Kolloiden im Badetorf eine erheblich größere Oberfläche als der restliche grob-disperse Feststoff. Die kolloiddispersen Teilchen — irreversible Hydrogele — bedecken dann lückenlos die menschliche Haut und dringen leicht in die Hautporen ein. In stark entwässerten Torfen wird der kolloide Zustand bereits geändert und die organische Substanz nimmt dann merkbar an Teilchengröße zu. Nach Möllering<sup>16</sup> ist diese Zustandsänderung sogar schon bei der Entwässerung auf etwa 60 % Wasser beträchtlich. Man sieht daraus, wie wichtig die Lagerungsfrage des Torfes vor seiner Verwendung ist. Eine feinste Vermahlung des

Dickschlammes, d. h. der grobdispersen Anteile u. U. bis sogar zur kolloiden Dispersion wäre auf Schwingmühlen möglich, jedoch viel zu kostspielig.

#### Bestimmung der Kornfeinheit.

In der Aufbereitung benutzt man im allgemeinen zur Ermittlung der Korngrößen und Kornverteilung Prüfsiebe und führt Siebanalysen durch. Dadurch werden die Unterlagen zur Berechnung und graphischen Darstellung als „Körnungskennlinien“ erhalten. Das feinste in Deutschland genormte Sieb hat eine lichte Maschenweite von 0,06 mm. Es gelingt zwar, durch Schlamm- und Sedimentanalysen auch die Körnungskennlinien des Feinstkornes unter 0,06 mm aufzustellen, jedoch nur bei Einstoffsystemen und ausgesprochen kuglicher Kornform der Einzelteilchen.

Die Durchführung von Sedimentanalysen nach dem bekannten Pipettverfahren von Andreasen<sup>17</sup> oder Köhn<sup>18</sup> verursacht zunächst Schwierigkeiten. In einer späteren Arbeit soll eingehender darüber berichtet werden. Auch die Ergebnisse der Siebanalysen, die nach zahlreichen Vorversuchen auf nassem Weg durchführbar sind, können nur ein Bild von der Größenordnung geben, was jedoch zunächst ausreichend ist.

Es wurden einige Marienbader Rohtorfe, ebenso einige Aufbereitungserzeugnisse siebanalytisch untersucht. Das Ergebnis ist durch „Körnungskennlinien“ als Siebrückhaltskurven graphisch dargestellt. Wie aus Abb. 1 ersichtlich, ist die Auswertung dieser Kurven lohnend und äußerst aufschlußreich.

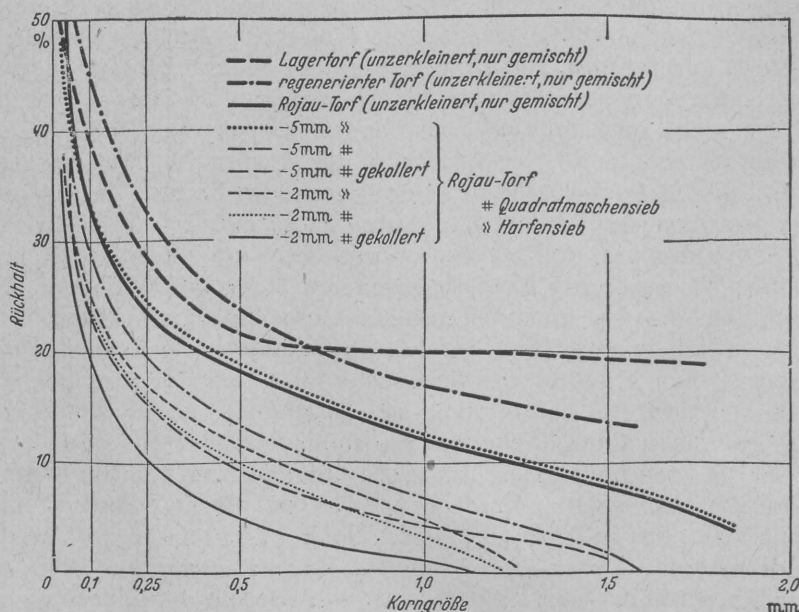


Abb. 1: Körnungskennlinien einiger Marienbader Torfe

Zunächst kann man feststellen, daß bei aufgeschlossenem Torf nur etwa 30 % gröber als 0,25 mm sind. Betrachtet man die Körnungskennlinien des unzerkleinerten Rojau-Frischtorfes, so sind bereits 75% feiner als 0,25 mm und fast 70 % feiner als 0,1 mm, wobei das größte Korn bei rd. 2 mm liegt. Ferner sei im Hinblick auf die späteren Ausführungen noch auf 3 Körnungskennlinien hingewiesen, die etwa den gleichen Kurvenverlauf zeigen, und zwar:

1. auf die Körnungskennlinien des bei 2 mm auf einem Drahtgewebe abgesiebten Rojau-Frischtorfes. Etwa 57 % sind feiner als 0,1 mm, wobei das größte Korn bei rd. 1,2 mm liegt. Fast denselben Kurvenverlauf zeigt

2. eine durch Vorabsiebung erhaltene Kornklasse 5—2 mm, die anschließend auf einem Kollergang weiter aufgeschlossen wurde.

3. Ein Vergleich der Körnungskennlinien des auf 2 mm abgesiebten Gutes zeigt, daß die Absiebung auf einem Harfensieb ein nur unbedeutend gröberes Korn ergibt als bei der Absiebung auf Quadratmaschensieben.

Wie zu erwarten, liegt die Kennlinie der Kornklasse 2—0 mm (Rojau-frischtorf) nach Durchgang durch einen Kollergang weit im Feinstkorngebiet. Rd. 80 % sind feiner als 0,1 mm, bei einem größten Korn von etwa 1 mm. Wie später im Zusammenhang mit Untersuchungen über die optimalen Wasserkapazitäten dargelegt werden wird, sei bereits hier bei der körnungsmäßigen Untersuchung herausgestellt, daß der optimale Bereich der wertvollsten Torfeigenschaften dann erreicht ist, wenn das größte Korn zwischen 2—4 mm liegt. Diese Bedingung ist beim Torf bereits von Natur aus erfüllt. Der Torf soll also gar nicht feiner vermahlen werden. Für die gesamte Badetorfbehandlung ist diese Erkenntnis von entscheidender Bedeutung. Die scheinbar gröberen Körnungen der Torfe werden lediglich dadurch vortäuscht, daß zahlreiche Fasern mit klebrigen, feinsten Humusstoffen umhüllt sind und zusammenhängend größere Klumpen bilden. Werden nun Torfe auf ungeeigneten Zerkleinerungsmaschinen zusammengepreßt, so werden zwangsläufig auch die einzelnen Klumpen verdichtet. Aus diesen Zusammenhängen heraus ergibt sich die zwangsläufige Notwendigkeit, den Rohtorf bei der „Zerkleinerung“ nicht mit Druck zu behandeln, sondern ihn im Gegenteil „aufzulockern“.

#### d) Die thermischen Eigenschaften.

Die großen Heilerfolge im Moorbäderwesen sind nicht zuletzt auf die thermischen Eigenschaften der Torfe zurückzuführen. Das große Wärmehaltungsvermögen des Dickschlammes wirkt sich dabei besonders günstig aus. Für die Beurteilung eines Badetorfes sind daher folgende Konstanten von Bedeutung. (Näheres hierüber bei W. B e n a d e , s. Schrifttum-Verz. Nr. 2):

- |                           |                      |
|---------------------------|----------------------|
| 1. die spezifische Wärme, | 3. die Wärmeleitung, |
| 2. die Wärmekapazität,    | 4. die Wärmehaltung. |



Durch Vergleich dieser Größen bei verschiedenen Torfen oder bei demselben Torf in verschiedenen Zuständen hat man die Möglichkeit, auf den jeweils günstigsten Einsatz zu schließen.

Wie jede physikalische Eigenschaft hängen auch die thermischen Eigenschaften von verschiedenen Faktoren ab. So wird z. B. die spez. Wärme (und Wasserkapazität) vor allem vom Wassergehalt des Badetorfes abhängig sein. Bei zunehmendem Wassergehalt wird sie sich der spez. Wärme des Wassers nähern. Die spez. Wärme des Feststoffes schwankt auch mit der Torfart. Sie wird beim Hochmoortorf infolge der niedrigen Gehalte an Asche und anorganischen Substanzen höher sein als beim Flachmoortorf. Auch bei verschiedenen Temperaturen wird die spez. Wärme wie bei allen Stoffen kleine Abweichungen aufweisen. Die spez. Wärme des Torfes bewegt sich um etwa 0,25—0,4 cal. Sie liegt beim badefertigen Torf infolge des hohen Wassergehaltes in dem Bereich von 0,90—0,96. Auch die Wärmeleitzahl ist eine Funktion der Gehalte an anorganischen Substanzen und an Wasser im Torf; sie nimmt mit beiden zu. Die Werte der thermischen Eigenschaften bei manchen Torfen werden ferner von der in den Kapillaren reichlich eingeschlossenen Luft beeinflusst. Die eingeschlossene Luft kann unter Umständen die Wärmehaltung des Torfes erheblich erhöhen. Die Art und Weise der Wärmeübertragung beim Moorbad auf den badenden Körper ist deshalb eine andere als beim Wasserbad, weil die Wärmeübertragung durch Strömung (Konvektion) fehlt. Demnach erfolgt der Wärmeübergang beim konsistenten Moorbad nur durch Wärmeleitung und Wärmestrahlung.

#### *Die Messungen der thermischen Größen.*

Die spez. Wärme kann auf die übliche Weise mittels eines Mischungskalorimeters bestimmt werden. Sie wird in einem von B e n a d e speziell für Peloide konstruierten Kalorimeter durchgeführt.

Zur Bestimmung der Wärmehaltung arbeitet man nach verschiedenen Methoden. Es wird allgemein die im Moorforschungsinstitut benutzte Kugelmethode (nach B e n a d e) verwendet. Diese Kugelmethode hat im Vergleich zu den anderen Methoden den Vorteil, die Wärmehaltung in absoluten Einheiten des CGS-Systems ausdrücken zu können. Man kann ferner auch innerhalb des praktischen Anwendungsbereiches die Wärmehaltung bei verschiedenem Wassergehalt berechnen. Aus der ermittelten Wärmehaltung berechnet man dann die Wärmeleitzahl nach der Formel:

$$\text{Wärmeleitzahl} = \frac{\text{Wärmekapazität}}{\text{Wärmehaltung.}}$$

Die Ergebnisse der Untersuchungen der Marienbader Torfe, die in Zahlentafel 3 zusammengestellt sind, zeigen z. B. deutlich, daß die thermischen Eigenschaften des Frischtorfes aus dem Rojau-Moor günstiger sind als beim regenerierten Torf. Die Wärmehaltung des Rojau-Torfes

Zahlentafel 3 Thermische Konstanten der Marienbader Torfe

Fraktion	Spez. Wärme zwischen 20—80° C auf Feststoff	Wärme- haltung bei Normal- konsistenz und + 5° C	bei Normalkonsistenz und + 40° C				bezogen auf 90% Wassergehalt und + 40° C			
			Spez. Wärme °	Wärme- kapazität $\gamma \cdot c$	Wärme- leitzahl $\lambda \cdot 10^6$	Wärme- haltung $\frac{\gamma \cdot c}{\lambda}$	Spez. Wärme- c	Wärme- kapazität $\gamma \cdot c$	Wärme- leitzahl $\lambda \cdot 10^6$	Wärme- haltung $\frac{\gamma \cdot c}{\lambda}$
Rojau-Torf . . . . .	0,308	772,4	0,9490	0,9665	149,5	646,4	0,9291	0,9570	149,4	640,4
Lagertorf . . . . .	0,297	771,4	0,9102	0,9490	148,9	637,2	0,9280	0,9574	149,1	642,1
Regenerierter Torf . . . . .	0,257	705,0	0,8595	0,9432	158,3	595,7	0,9240	0,9645	153,7	627,4
Rojau-Torf {	+ 2 mm . . . . .	0,311	770,9	0,9335	0,9572	149,4	0,9294	0,9554	149,4	639,6
	— 2 mm . . . . .	0,308	786,4	0,9373	0,9600	148,1	0,9291	0,9562	147,8	647,0
	— 2 mm (gekollert)	0,303	774,5	0,9314	0,9572	146,3	0,9286	0,9560	146,2	653,9
	+ 5 mm . . . . .	0,313	771,3	0,9424	0,9614	149,5	0,9296	0,9548	149,4	639,0
	— 5 mm . . . . .	0,305	782,7	0,9534	0,9690	148,3	0,9288	0,9576	147,5	649,3
	— 5 mm (gekollert)	0,309	783,9	0,9412	0,9634	148,1	0,9292	0,9578	147,7	648,5

Zahlentafel 5 Klassierung mit verschiedenen Sieben bei konstanter Feuchtigkeit, Mischdauer und Umdrehungszahl

Rührer: Doppelturbine. Siebmaschine: Universalschwingsieb. □ = Quadratmaschensieb. ∥ = Harfensieb.

Probe	Lichte Weite des Siebes in mm	Aufgabe in g	Rückwaage in %		Gesamtfeuchtigkeit in %			Anteil an Feststoff					
			Sieb- rückhalt	Sieb- durchgang	Auf- gabe	Rück- halt	Durch- gang	Aufgabe		Rückhalt		Durchgang	
								g	%	g	%	g	%
Rojau 1b	2 □	1723	42,77	57,23	94,12	93,26	94,86	101,3	100,0	49,7	49,15	51,6	50,85
	2 ∥	1728	19,80	80,20	93,60	92,53	93,86	110,5	100,0	25,5	23,09	85,0	76,91
	5 □	1685	36,75	63,25	93,34	92,64	93,75	112,2	100,0	45,6	40,70	66,6	59,30
	5 ∥	1826	2,74	97,26	93,94	92,39	94,00	110,6	100,0	3,8	3,44	106,6	96,56
Regenerierter Torf 2a	2 ∥	2650	7,47	92,53	74,09	52,56(!)	75,72	685,6	100,0	89,3	13,03	596,3	86,97
	5 ∥	2692	0,97	99,03	74,07	57,69(!)	74,38	698,0	100,0	15,0	2,15	683,0	97,85
Lagertorf	2 ∥	2286	7,47	92,53	75,70	73,09	76,65	555,6	100,0	61,5	11,06	494,1	88,94
	5 ∥	2332	1,54	98,46	75,00	32,2(!)	75,64	583,0	100,0	23,7	4,07	559,3	95,93
Spalte:	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

ist bei Normalkonsistenz + 40° C um 50,7 sec größer. Ferner ist zu bemerken, daß die thermischen Eigenschaften beim Rojau-Torf günstiger sind, je feiner, d. h. je aufgeschlossener der Torf ist.

#### *e) Die Azidität des Dickschlammes.*

Die mehr oder weniger stark saure Reaktion der Torfe ist durch die Anwesenheit der Humusstoffe bedingt, einer Gruppe dunkelbraun gefärbter organischer Stoffe von komplizierter chemischer Zusammensetzung, entstanden aus Pflanzenausgangsmaterial durch chemische und biologische Umsetzungen. Ausgangsstoff für die Bildung der Humusstoffe ist vor allem das Lignin.

Die Messung der Azidität wird kolorimetrisch z. B. mit dem Wulff'schen Folienkolorimeter durchgeführt oder potentiometrisch durch Kompensationspotentiometer. Dieser Apparat ist von der Firma Lautenschläger G. m. b. H. München entwickelt worden.

In der letzten Spalte der Zahlentafel 2 sind die erhaltenen pH-Zahlen der Marienbader Torfe im badefertigen Zustand gemessen zusammengestellt. Ein Vergleich zwischen Rojau-Torf und den beiden anderen Torfarten zeigt, daß beim Lagern die Azidität zugenommen hat. Dies ist wahrscheinlich auf die Verwitterung der unlöslichen anorganischen Bestandteile unter gleichzeitiger Bildung von etwas Ferrosulfat, das sauer reagiert, zurückzuführen.

#### **Das Moorbade.**

Um ein geeignetes Aufbereitungsverfahren entwickeln zu können, ist es notwendig, nicht nur die Eigenschaften der Torfe zu kennen, sondern auch die Anforderungen, die an ein Moorbade gestellt werden. Die Herstellung eines Moorbades, eines Dickschlammes mit bester Heilwirkung, ist schließlich Aufgabe und Endziel der Aufbereitung.

Von entscheidender Bedeutung ist dabei die Frage, *in welchem Verhältnis nun der Rohtorf mit Betriebs- oder Mineralwasser gemischt werden soll.* In diesem Zusammenhang tritt der Begriff der Konsistenz eines Moorbades in den Vordergrund.

#### *a) Konsistenz und Viskosität.*

Die Konsistenz eines Moorbades ist ein durch die Kohäsion, den Wassergehalt, die Porengröße, den Dispersionsgrad und das Quellungsvermögen bedingter Grad des Zusammenhanges der Teilchen im Torf-Wasser-System. Es sei hier hervorgehoben, daß die Viskosität nicht mit der Konsistenz verwechselt werden darf. Die Viskosität oder Zähflüssigkeit ist bekanntlich eine rein physikalische Eigenschaft, deren Größe von der inneren Reibung abhängig ist. Dadurch, daß die kolloiden Bestandteile des Torfes eine hohe Viskosität besitzen, wirkt sich diese Eigenschaft auf die Kohäsion und dadurch auch auf die Konsistenz



des Moorbades aus. Diese Zusammenhänge veranlassen oft die Verwechslung der beiden Begriffe: 1. der Konsistenz eines Moorbades und 2. der Viskosität der Torfkolloide. Da für die Messung der beiden Größen auch dieselben Apparaturen verwendet werden, wird die Verwechslung der beiden Begriffe noch mehr begünstigt. Um die Unterschiede zwischen beiden Eigenschaften zu erläutern, sei z. B. das Verhalten gegen Temperaturänderungen erwähnt. *Die Viskosität nimmt bekanntlich mit Erhöhung der Temperatur ab*, dagegen nimmt *die Konsistenz eines Moorbades oft mit Temperatursteigerung zu*. Nach Benade<sup>3</sup> (S. 101) wird die Verdickung, die Zunahme der Konsistenz bei höheren Temperaturen, durch Quellungsvorgänge hervorgerufen.

Betrachtet man einen Badetorf, so sind bei Einhaltung derselben Lagerungsbedingungen Dispersionsgrad und Quellungsvermögen konstant, so daß zur Erreichung verschiedener Konsistenzen nur der *Wasserzusatz* bei der Aufbereitung maßgebend ist. Die notwendige Zusatzmenge an Wasser ergibt sich aus der Kenntnis der Feuchtigkeit und der Normalbadekonsistenz. Die *Normalbadekonsistenz* eines Moorbades wird — wie bereits eingangs hervorgehoben — durch den wassergesättigten Zustand des Badetorfes definiert. Erst die Messung der Wasserkapazität kann daher die notwendigen zahlenmäßigen Unterlagen ergeben.

Da die Durchführung exakter Bestimmungen der Feuchtigkeitsgehalte und der Wasserkapazitäten längere Zeit in Anspruch nimmt, ist es notwendig, besonders zur Betriebsüberwachung Schnellmethoden zu entwickeln, welche die Konsistenz, die „Baddicke“, zu beurteilen gestatten. Nach dem Ergebnis dieser Messungen wird dann die Wasserzuleitung in der Aufbereitungsanlage einzustellen sein. Hierbei tritt die Abhängigkeit zwischen dem Zusammenhang der Torfteilchen und dem Wassergehalt in den Vordergrund. Je größer der Wassergehalt, desto niedriger der Grad des Zusammenhanges. Die Abhängigkeiten sind so überzeugend, daß man sofort durch Vergleich mit der Zahl der Wasserkapazität auf das richtige Mischungsverhältnis Torf:Wasser Schlüsse ziehen kann.

Eine Anzahl von Meßverfahren, z. B. zur Ermittlung der Viskosität, beruhen darauf, daß in der zu messenden Flüssigkeit bewegte Kugeln oder andere Körper durch die innere Reibung abgebremst werden, d. h. daß Widerstände auftreten, die zur Messung des Zusammenhanges der Teilchen ausgewertet werden können. Aus der Fülle der verschiedensten Bauarten (Literatur z. B. bei S. W. S o u c i<sup>19</sup>) wurde ein *Kugelziehviskosimeter* entwickelt.

Aus Abb. 2 gehen Bauart und Arbeitsweise hervor. An einer senkrecht stehenden Säule ist eine Meßplatte befestigt, die zwei Marken im Abstand von 150 mm trägt. Über zwei an den Enden eines Querträgers eingebauten Rollen läuft ein dünner Stahldraht, an dem eine Stahlkugel bestimmter Größe befestigt wird. An dem anderen Ende des Stahldrahtes ist eine Schale befestigt, die das jeweilig gewählte Übergewicht

aufnimmt. Bei bestimmten Übergewichten wird nun die Fallzeit zwischen den Marken durch eine Stoppuhr festgestellt. Mit Hilfe dieser einfachen Vorrichtung kann nun die Konsistenz eines Dickschlammes

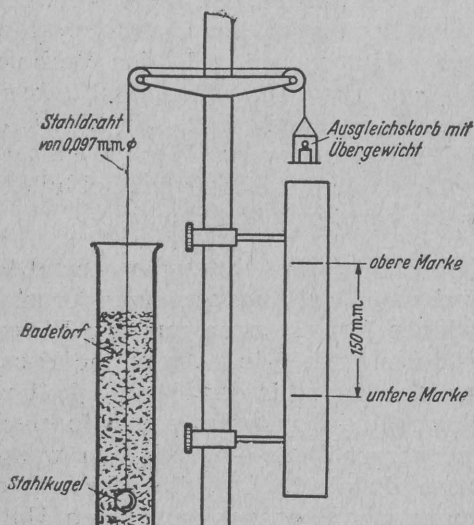


Abb. 2: Kugelziehviskosimeter;  
Maßstab 1 : 5

Größe des Kugelsatzes:  
Kleiner Durchmesser 10 mm  
mittlerer Durchmesser 15 mm  
großer Durchmesser 20 mm

zahlenmäßig ermittelt werden. Da die Messungen nur 5–10 Minuten Zeit in Anspruch nehmen, dürfte diese Meßart zur Betriebsüberwachung

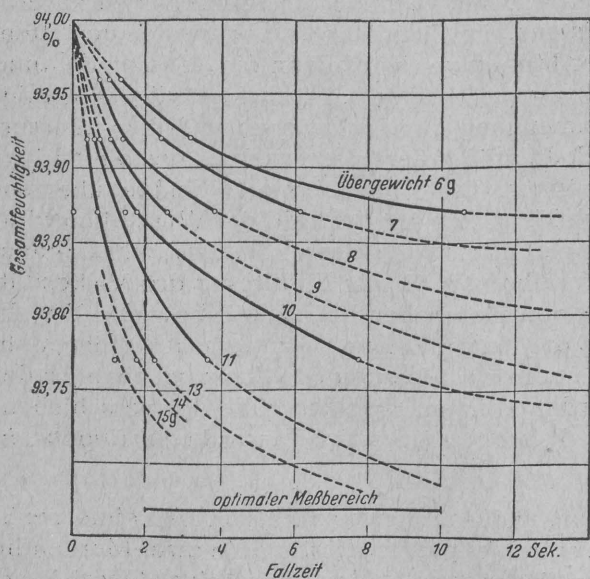


Abb. 3: Versuchsergebnisse mit Marienbader Torf „Rojau“ im Kugelziehviskosimeter  
(Probe 1b mit großer Kugel)

geeignet sein. Der Zusammenhang zwischen Konsistenz bzw. Wasser- oder Feuchtigkeitsgehalt, Fallzeit und Übergewicht ist in Abb. 3 graphisch dargestellt.

Ist beispielsweise durch Wasserkapazitätsbestimmungen der Gesamtfeuchtigkeitsgehalt bei Normalkonsistenz mit 93,80 % ermittelt worden, so darf die Fallzeit bei 10 g Übergewicht rd. 5,5 sec. betragen, oder bei einem Übergewicht von 9 g rd. 8 sec. Der günstigste Meßbereich liegt bei dieser Apparatur zwischen 2 und 10 sec.

#### *b) Chemische und physikalische Wirkungen.*

Die Heilwirkung der Moorbäder sowie die durch sie erzielten Heilerfolge hängen eng mit den Eigenschaften der Torfe sowie mit ihrer Anwendungsweise zusammen. Man kann dabei chemische sowie physikalische Einwirkungen der Moorbäder auf den menschlichen Körper unterscheiden, wobei die letzteren wohl die Hauptrolle spielen.

*Chemische Wirkungen* finden vor allem in solchen Moorbädern statt, wo ein nennenswerter Anteil an wasserlöslichen Bestandteilen vorhanden ist oder dort, wo dem Badetorf Mineralwasser während der Aufbereitung zugeführt wird. Eine Zusammenstellung hierüber hat kürzlich W. B e n a d e<sup>10</sup> in der Arbeit „Moorbäder, ihre Eigenschaften und Wirkungen“ gegeben.

Unter den *physikalischen Einwirkungen* sind an erster Stelle die thermischen und dann die durch den kolloiden Zustand der Torfbestandteile hervorgerufenen Einwirkungen hervorzuheben. Die mechanischen Wirkungen, wie z. B. der Auftrieb und der hydrostatische Druck, sind einem Wasserbad ähnlich. Ein scheinbar größerer Auftrieb im Moorbad als im Wasserbad wird hauptsächlich durch eine größere innere Reibung verursacht. Die physiologischen Vorgänge im badenden Körper werden wohl vor allem durch die niedrige Wärmeleitfähigkeit und die hohe Wärmehaltung des Moorbades ausgelöst. Je größer die Wärmeleitfähigkeit des Mediums ist, um so schneller steigt die Körpertemperatur, um so mehr wird die körperliche Wärmeregulierung in Anspruch genommen, um so geringere Temperaturdifferenz ist zwischen Medium und Körper erforderlich, um einen gleich großen Anstieg der Körpertemperatur zu bewirken und um so niedriger liegt der Indifferenzpunkt. Je größer die Wärmekapazität ist, um so mehr Kalorien werden bei gleich großer Abkühlung von dem Wärmeträger an den Körper abgegeben. Durch die geringe Wärmeleitfähigkeit der Moorbäder und die Unbeweglichkeit der Masse ist die Wärmezufuhr im Vergleich zu leicht beweglichen Wasserbädern von gleicher Temperatur etwa 10- bis 12mal geringer. Die den Körper umgebende Dickschlammschicht setzt sich mit der Haut in ein Temperaturgleichgewicht und der Wärmenachschub aus dem Moorbad erfolgt nur äußerst langsam und schonend. Im Gegensatz zur raschen Wärmezufuhr, die einen thermischen Reiz hervorruft, führt der langsame, stetige Wärmeübergang zu einer Wärmetiefenwirkung, die von S c h a d e und H a a g e n<sup>20</sup> bei Moorapplikationen auch experimentell nachgewiesen wurde. Die Temperaturerhöhung wird hierbei vom menschlichen Körper nicht so sehr empfunden.



Der kolloiddisperse Anteil des Torfes kann gegebenenfalls auch in die feinsten Hautfalten eindringen. Vor allem verursachen die in diesem Dispersitätsbereich vorhandenen Humusstoffe einen starken Hautreiz und dadurch eine starke Blutfüllung der Haut. Man nimmt an, daß diese Wirkung auf die Azidität und das Adsorptionsvermögen der Humussäuren zurückzuführen ist. Die kolloiddispersen Torfbestandteile setzen ferner die Oberflächenspannung herab und erhöhen somit die Benetzbarkeit der Haut. Die Einhüllung der Haut mit einer Schicht feinsten Fettstoffteilchen trägt auch noch dazu bei, Wärmeströmungen nach Möglichkeit zu unterbinden.

Wenn auch diese allgemeinen Bemerkungen über die Eigenschaften der Torfe und der Moorbäder dem Balneologen geläufig sind und wenig Neues bringen, so ist die Kenntnis dieser Zusammenhänge für den Aufbereiter von grundlegender Bedeutung für die Entwicklung eines Aufbereitungsverfahrens, das jeweils der Eigenart der Torfeigenschaften angepaßt sein muß und auch den verschiedenen Anforderungen des herzustellenden Moorbades Rechnung trägt.

### **Grundlagen der Badetorfaufbereitung.**

Abgesehen von Betrachtungen, die allgemeine Gültigkeit haben, werden im folgenden zunächst die Grundlagen eines Aufbereitungsverfahrens entwickelt, das für die Torfe eines Zwischenmoores vom Charakter der Marienbader Torfe geeignet ist. Es bleibt späteren Arbeiten vorbehalten, über Aufbereitungsverfahren zu berichten, die für andere Badetorfe zweckmäßig sind. So verlangt beispielsweise — wie bereits jetzt schon zu übersehen ist — Moostorf eine andere aufbereitungstechnische Behandlung wie Waldbruchtorf, wobei natürlich jeweils auch die verschiedenen örtlichen Verhältnisse Berücksichtigung finden müssen.

Zu jedem wichtigen Abschnitt der Badetorfaufbereitung wird im folgenden ausführlich Stellung genommen. Es werden die Vor- und Nachteile der einzelnen Maßnahmen kritisch betrachtet, so daß sich schließlich die Aufstellung eines zweckentsprechenden Verarbeitungssystems von selbst ergibt.

#### **1. Die Lagerung des Rohtorfes.**

Auch beim Badetorf gilt der alte Grundsatz: Die Aufbereitung beginnt bereits in der Lagerstätte, d. h. hier beim Torfstechen. Beim Abstechen von Hand bleiben größere Klumpen im engen Verband, wodurch die Austrocknung wesentlich verhindert wird. Im Gegensatz wird bei maschineller Gewinnung die Förderung bereits weitgehend zerteilt, was für eine sogleich nachfolgende Aufbereitung günstig wäre, sich jedoch für eine längere Lagerungszeit ungünstig auswirkt. Nach seiner Gewinnung im Moor wird der Frischtorf auf den Moorhof gebracht und

dort oft monatelang gelagert. Obwohl der ausschlaggebende Einfluß der Lagerung auf die wichtigsten Torfeigenschaften weitgehend bekannt ist, erfolgt die Lagerung heute noch sehr oft ohne Rücksicht auf die balneologische Zweckmäßigkeit und richtet sich wohl in den einzelnen Betrieben mehr nach der Kapazität der Arbeitskräfte und der Transportmittel.

Hauptzweck der Lagerung ist die Überführung der im Wasser unlöslichen Mineralien in lösliche, um besonders die chemischen Wirkungen auf den menschlichen Körper zu verstärken. Deshalb ist die Lagerung auch nur dann zweckmäßig, wenn durch Analysen die Anwesenheit solcher Mineralien in einer betreffenden Torfart nachgewiesen ist. Am häufigsten handelt es sich in solchen Fällen um Eisenverbindungen, wie Pyrit und Markasit, welche durch Oxydation in Ferrosulfat, Schwefelsäure und elementaren Schwefel übergehen. Um einen Überblick über die Ergebnisse einer solchen Verwitterung zu erhalten, sei auf ein Beispiel hingewiesen, das W. Z ö r k e n d ö r f e r <sup>21</sup> bezüglich der Pyritoxydation beim Marienbader Torf gegeben hat.

	Metallgehalte in %	
	frisch	verwittert
FeS <sub>2</sub> . . . . .	12,2	8,9
FeS . . . . .	0,16	2,1
Fe säurelöslich . . . . .	0,5	0,25
S elementar . . . . .	0,15	1,45
FeSO <sub>4</sub> . . . . .	0,16	5,5
Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> . . . . .	—	2,7

Über die günstigsten Bedingungen und die Dauer der Verwitterung sind bislang Einzelheiten nicht bekanntgeworden. Eine deutliche Anreicherung an wasserlöslichen Stoffen ist erkennbar.

Um zu entscheiden, ob die in bestimmten Fällen vorgesehene Lagerung des Rohtorfes zweckmäßig ist, ist zunächst die Frage zu beantworten, wie weit die Entwässerung des Torfes mit der Zeit fortschreitet, denn, wie schon erwähnt, wirkt sich die Entwässerung des Torfes nachhaltig auf sein Quellungsvermögen aus. Schon bei einer verhältnismäßig schwachen Austrocknung tritt eine Zustandsänderung der Kolloide ein. Die irreversiblen Hydrogele fallen aus, und der Badetorf verliert seine wertvollsten Eigenschaften. Nur das Verdunsten des grobmechanisch gebundenen Wassers (Poren- und z. T. Kapillarwasser) ist für den Badetorf unschädlich. Daher ist es verständlich, daß eine unüberwachte Lagerung den Wert des Torfes als Heilmittel verringern kann. Wenn das Torflager vom Badhaus weit entfernt ist — was in einer ganzen Anzahl von Moorbädern der Fall ist — spielen die Transportkosten eine wesentliche Rolle. In diesem Falle ist es angebracht, das Material so lange vor dem Abtransport zu lagern, bis das überschüssige, grobmechanisch gebundene Wasser abgeflossen ist. Auf

Grund der Untersuchungen von Stockfisch und Benade<sup>22</sup> hat Friedrich<sup>23</sup> die folgende Tabelle berechnet, aus der ersichtlich ist, daß der vom größten Wasser befreite Torf tatsächlich ausgiebiger ist, denn es werden je 3 t Wagenladung Material für 3 Bäder mehr transportiert.

Material	Feuchtigkeitsgehalt des Materials vor der Mischung mit Wasser %	Für ein Bad von 250 Liter sind fol- gende Mengen feuchten Torfes und Wassers notwendig: Torf — Wasser		Zahl der Bäder, die aus 3-t-Wagen- ladungen bereitet werden können abgerundet	Mehr- betrag %
Hochmoortorf . . .	85,78	178 kg	81 L	17	—
Hochmoortorf . . .	79,90	149 kg	111 L	20	18
Flachmoortorf . . .	86,76	200 kg	61 L	15	—
Flachmoortorf . . .	79,98	166 kg	97 L	18	20

Hierbei ist die Frage jedoch noch nicht berücksichtigt, wieviel frisch gestochenem Torf die 3 t des etwas abgetrockneten Materials entsprechen. Die Mengen sind folgende:

3 t Hochmoortorf von 79,90 % Wasser entsprechen 4,24 t Frischtorf, 3 t Flachmoortorf von 79,98 % Wasser entsprechen 4,54 t Frischtorf. Es muß also gewichtsmäßig rd. die Hälfte mehr Torf gestochen werden, als zum Abtransport kommt. Da aber die Transportkosten vier- bis fünfmal höher sind als die Kosten für das Abstechen, werden durch die kurze Lagerung vor dem Abtransport Kosten, Laderaum und Zeit gespart. Nur muß — wie gesagt — die Lagerung überwacht werden, damit auf keinen Fall eine zu weitgehende Abtrocknung eintritt.

Wird durch Analysen festgestellt, daß längere Lagerung eines Torfes notwendig ist, so muß diese auch zweckmäßig durchgeführt werden und ständig unter Überwachung bleiben. Da man die Verwitterung einiger Mineralien begünstigen will, soll das Lager eine möglichst große Fläche bedecken, um den Atmosphären den Kontakt mit den Mineralien zu erleichtern. Dies kann dadurch erreicht werden, daß der Badetorf möglichst in einem offenen Schuppen in dünner Schicht gelagert wird. Um gleichzeitig eine stark zunehmende Austrocknung des Torfes zu vermeiden, wird eine von Zeit zu Zeit durchgeführte Berieselung des Lagers unentbehrlich, wobei Sorge zu tragen ist, daß keine Auswaschung der Salze stattfindet. Durchfeuchtung ist besonders in den trockenen Jahreszeiten erforderlich. Die Häufigkeit der Berieselung wird von den örtlichen klimatischen Bedingungen abhängig sein. Eine Überwachung durch Analysen im Laboratorium der Kurverwaltung wäre hier sehr zweckmäßig, insbesondere die Durchführung von Feuchtigkeitsbestimmungen.

Die Dauer der Lagerung wechselt von Fall zu Fall erheblich und beträgt einige Wochen bis über ein Jahr. Eine Lagerungszeit von 9 Monaten, wie z. B. in Marienbad, dürfte für die Oxydation der Mineralien



ausreichend sein. Späteren Arbeiten bleibt es vorbehalten, über die Veränderung der Humusstoffe und der Kolloide, der Fasern und Wurzeln während der Lagerung zu berichten. Auch eingehendere Studien über den Einfluß des Frostes und der dadurch bedingten Veränderungen in den Zellen und Fasern werden bislang noch umstrittene Fragen zu klären haben.

## 2. Die Zerkleinerung des Torfes.

Wohl die wichtigste Aufgabe der Aufbereitung ist das Aufschließen des Torfes. Vom Gelingen dieser Arbeit hängt der Erfolg der Badetorfaufbereitung ab. Wie aus den nächsten Abschnitten hervorgeht, erfolgt eine ausreichende Aufschließung des Torfes bereits durch zweckentsprechende Vorzerkleinerung und durch anschließendes Mischen und Klassieren.

Der Begriff der Zerkleinerung bei der Badetorfaufbereitung ist mit dem Wesen der Zerkleinerung in der Erz- und Kohlenaufbereitung nicht unmittelbar vergleichbar. Die Zerkleinerung von Badetorf muß in erster Linie das Ziel verfolgen, den *Rohtorf gut aufzulockern*. Die einzelnen Bestandteile des Torfes benötigen zum größten Teil keine Zermahlung oder Zerteilung. Sie sind an sich schon — wie die Versuche im Abschnitt „Feinheitsgrad der Torfe“ gezeigt haben — fein genug. Durch möglichst weitgehende Auflockerung des Torfes werden die für Heilzwecke wichtigsten Bestandteile aufgeschlossen. Anzustreben ist vor allem eine gute Homogenisierung durch Mischen mit Wasser zur Erzeugung einer großen freien Oberfläche.

Beim Aufschließen des Torfes ist eine *Vor-* und *Nachzerkleinerung* zu unterscheiden. Während die Vorzerkleinerung lediglich den Zweck hat, das in sich mehr oder minder stark verwachsene Gut zu zerreißen oder zu lockern, ist eine Nachzerkleinerung u. U. notwendig, um durch Fasern oder Wurzelwerk im festen Verband zusammenhängende Klumpen zu zerkleinern, d. h. zu zerdrücken oder zu zermahlen. Dabei sollten stets grobe Steine oder unvollkommen zersetzte Holzteile über 5 mm oder höchstens 10 mm ausgehalten werden, da die Anwesenheit dieser Bestandteile selbst in fein vermahlenem Zustand für die Heilwirkung von keinerlei Bedeutung ist und nur unnötigen Kraftaufwand erfordert.

Diese beiden scharf zu unterscheidenden Arbeiten der *Vorzerkleinerung* (Auflockerung) und *Nachzerkleinerung* (Durchmahlung zum Zwecke der Klumpenaufschließung) werden gegenwärtig in den Badetorfaufbereitungsanlagen maschineneinsatzmäßig nicht genügend beachtet. So wird z. B. allgemein der Rohtorf beim Zerkleinern zu stark zusammengedrückt oder gepreßt, wobei zwar auch gröbere Holzteile zerkleinert werden, aber *keine ausreichende Auflockerung stattfindet*. Auch das Zerschneiden oder Abschneiden von kleinen Batzen von etwa 5 cm Länge, wie das z. B. bei Moostorf üblich ist, kann nicht als zweck-

mäßige Vorzerkleinerung bezeichnet werden, da dadurch die Arbeit des Vormischers zu sehr erschwert wird. Die Folge dieser Vorbehandlung ist das Vorhandensein mehr oder minder großer Klumpen in der Wanne. Die Beseitigung dieser Klumpen durch Handarbeit (Sieblöffel usw.) bedeutet nicht nur Zeit-, sondern vor allem Materialverluste, die bei einigen Anlagen bis zu 15 % betragen.

#### *a) Die Vorzerkleinerung.*

Eine Vorzerkleinerung sollte stets vor der Mischung des Torfes mit Wasser stattfinden. Dabei stellt der hohe Feuchtigkeitsgehalt der Torfe die Hauptschwierigkeit bei der Auswahl geeigneter Zerkleinerungsvorrichtungen dar. Vor allem ist die Schmierigkeit des Torfes störend, die bei geringem Wasserzusatz noch stärker zur Auswirkung kommt.

Zur Vorzerkleinerung dienen gegenwärtig in der Badetorfaufbereitung Maschinen, welche zum größten Teil aus anderen technischen Grenzgebieten übernommen wurden. Ein Teil von diesen arbeitet befriedigend, andere jedoch müssen als unzureichend bezeichnet werden, und zwar vor allem Vorrichtungen, die direkt oder indirekt einen Druck oder starke Pressung auf den Rohtorf ausüben.

Ein engspaltiges Glattwalzwerk z. B. wird zwar mit Erfolg in der Erzaufbereitung verwendet, der Rohtorf kommt jedoch aus dieser Zerkleinerungsmaschine in Form größerer, dünner, zusammengepreßter Platten heraus. Auch Schlagkreuzmühlen, Hammermühlen oder Schleudermühlen haben sich nicht bewährt. Zahlreiche Versuche ergaben, daß mit und ohne Wasserzusatz bei stark durch Fasern und Wurzelwerk verwachsenem Rohtorf keine ausreichende Zerkleinerung erreicht wird. Besondere Beachtung in diesem Zusammenhang verdient die Moormühle nach Friedrich, eine Art „Fleischwolf“, welche für die besonderen Belange der Badetorfzerkleinerung gebaut wurde. Im oberen Teil wird der Torf zunächst zerrissen, sodann im unteren Teil durch eine liegende Schnecke gefördert und durch ein am Ende der Schnecke befindliches Sieb ausgetragen. In der Mühle ist besonders durch die Förderschnecke die unerwünschte Zusammenpressung des Materials nicht zu vermeiden. Die ersten Versuche haben zwar, wie aus Berichten von Benade und Friedrich<sup>25</sup> hervorgeht, zunächst befriedigende Ergebnisse gebracht. Es zeigte sich jedoch nach Einbau der Mühle, daß im Dauerbetrieb die Leistungen einer solchen Maschine besonders bei Fasertorfen hinter den Erwartungen zurückblieben. Bei diesem Mühlentyp steht die Eignungsprüfung zur Nachzerkleinerung noch aus. Bei Laboratoriumsversuchen mit einem großen Fleischwolf hat sich die Mahlung als gut durchführbar erwiesen, wenn der Torf zuvor stark angefeuchtet wurde. Es erscheint danach möglich, den Torf erst mit Wasser zu verrühren und aufzuteilen und ihn dann durch den Wolf zu geben. Der Torf tritt hierbei als weiche Masse aus der Mühle, die sich in Wasser ohne Schwierigkeit verteilen läßt.

Demgegenüber können Sonderausführungen von Stachelwalz- sowie Stachelkegelwerken als geeignet für die Zwecke der Vorzerkleinerung bezeichnet werden. Die von der Zerkleinerung der Braunkohle bekannten Stachelwalzwerke unterscheiden sich von den üblichen Ausführungen durch breitere Spaltweiten und durch schärfere, längere und nicht

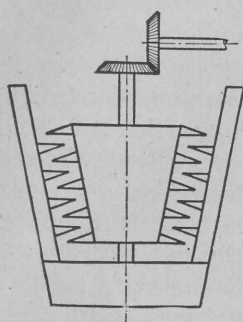


Abb. 4: Stachelkegelwerk

zu eng liegende Stacheln. Ob nun die Umdrehung eines Stachelkegels in der Vertikalen erfolgt, wie beim Stachelkegelwerk (Abb. 4), oder in der Horizontalen, wie z. B. beim Stachelwalzwerk (Abb. 5), ist für das Ergebnis von untergeordneter Bedeutung. Der Betrieb in Marienbad mit Stachelkegelwerken sowie die zahlreichen Versuche, die im Freiburger Aufbereitungslaboratorium mit horizontal gelagerten Stachelwalzwerken durchgeführt wurden, zeigen, daß der Rohrtorf dadurch eine für die weitere Behandlung genügende Auflockerung

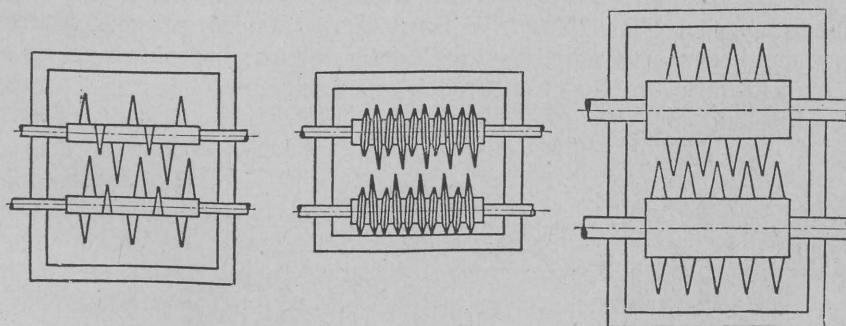


Abb. 5: Vorzerkleinerungsmaschinen

- a) Stachelbrechwerk
- b) Stachelreißwerk
- c) Stachelwalzwerk

erfährt. Höhere Umdrehungszahlen der Stachelwalzwerke haben im allgemeinen auch größere Zerreißwirkungen. Besonders zweckmäßig scheint auch der Einsatz von Stachel- und Nockenwalzwerken zu sein, bei denen die eine Walze schneller als die andere umläuft und dadurch die Zerreiß- oder Schneidwirkung wirksam begünstigt.

Für faserreichen, jedoch steinfreien Rohrtorf dürften auch Schneide- und Schnitzelmaschinen geeignet sein. So hatten z. B. einige Versuche mit einer in Großschlächtereien viel benutzten Fleischschneidemaschine (Hersteller: Firma Unger, Chemnitz) ausgezeichnete Erfolge. Der Rohrtorf wird hier von drei auf einer gemeinsamen Welle sternförmig eingebauten Messern fein zerschnitten (Drehzahl der Welle etwa 1300 je min). Dabei läuft die das Gut aufnehmende Schüssel langsam um. Die Durchsatzleistung derartiger Maschinen ist jedoch so gering und



die Messer sind besonders Steinen gegenüber so empfindlich, daß diese Vorrichtungen trotz der außerordentlich weitgehenden Zerkleinerung für die Badetorfaufbereitung in dieser Ausführung vorerst nicht einsetzbar sind.

#### b) Die Nachzerkleinerung.

Die Nachzerkleinerung wird im allgemeinen nicht unmittelbar der Vorzerkleinerung folgen. Zwischen diesen Arbeitsvorgängen wird eine Vormischung und Klassierung eingeschaltet. Ob überhaupt eine Nachzerkleinerung notwendig ist, hängt lediglich von der Beschaffenheit der Torfart ab. Der Nachzerkleinerung werden nur die verwachsenen Klumpen zugeführt, die sich bei der Vorzerkleinerung und Vormischung nicht aufgelöst haben und die beim Handbetrieb durch Sieblöffel aus der Wanne herausgeholt werden.

Eine Nachzerkleinerung, die diesen Aufgaben gerecht wird, ist in den derzeitigen Badetorfaufbereitungen nicht vorhanden. Da es sich hier um eine Zerkleinerung harter bis mittelharter Stoffe handelt, wie z. B. Steine, Holzstücke, Wurzelwerk usw., werden vor allem Zerkleinerungsmaschinen verwendet, die im Gegensatz zur Vorzerkleinerung auf das zu zerkleinernde Gut einen Druck ausüben, um die festen Klumpen aufzuschließen.

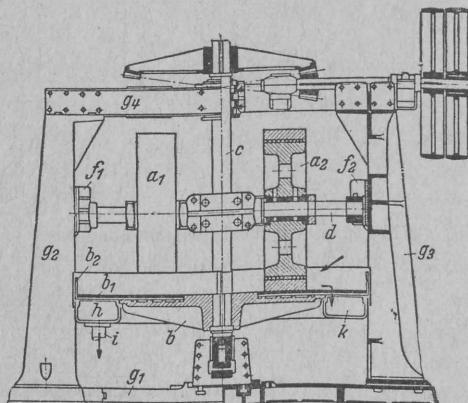


Abb. 6a: Schnitt durch einen Kollergang

- |                        |                               |
|------------------------|-------------------------------|
| a 1, a 2) Läufer;      | e) Vorlegewelle               |
| b) umlaufende Mahlbahn | f 1, f 2) Schiebelager        |
| b 1) Siebplatten       | g 1 bis g 4) Maschinenrahmen  |
| b 2) Mahlbahnrand      | h) Ausräumer für das Feinkorn |
| c) Königswelle         | i) Auslauf                    |
| d) Läuferachsen        | k) feste Rinne                |

Zur Durcharbeitung und Durchknetung derartigen mittelharten Gutes sind vor allem Kollergänge geeignet, Zerkleinerungsmaschinen, die neben einer zerkleinernden Wirkung durch Druck gleichzeitig auch eine gute Durchmischung des Zerkleinerungsproduktes gewährleisten.

Die Zerkleinerungswerkzeuge der Kollergänge sind die Läufer, senkrecht gestellte schwere Walzen, die auf einer waagerechten Bahn abrollen, das Mahlgut einziehen und durch ihr Gewicht zerdrücken (Abbildung 6b). Da die Umfangsgeschwindigkeit der äußeren Läuferkante größer ist als die der inneren, findet infolge der teils, gleitenden Bewegung der Koller ein gleichzeitiges Zerreiben statt. Bei satzweiser Arbeitsweise besteht die Mahlbahn aus einer Schüssel.

Die mit Marienbader Torf durchgeführten Versuche haben ergeben (s. auch Abb. 1), daß die durch Siebklassierung ausgehaltenen Klumpen, Holzteile und Steine bereits nach kurzer Zeit durch den Kollergang auf die gewünschte Feinung zerkleinert werden. Schon nach 5 Minuten Kollerarbeit wird das Aufgabegut (Kornklasse 5—2 mm) so fein, daß kein Rückstand mehr auf einem Sieb von 2 mm IMW verbleibt. Kollergänge haben eine geringe Durchsatzleistung. Da der Klumpenanfall nach der Vormischarbeit jedoch nicht allzu groß ist — etwa 10—15% der Gesamtmenge — und die Druckzerkleinerung beim Torf erheblich höher liegen dürfte als bei anderen mittelharten Stoffen, werden nur kleinere Einheiten benötigt. Auch die schnelllaufende Flügelfräsmühle, Patent Rabe (Benade<sup>25</sup>) dürfte zur Nachzerkleinerung verschiedener Torfarten geeignet sein, denn gerade bei stark angefeuchtetem, breiförmigem Torf lieferte die Mühle bei Versuchsmahlungen ein fein aufgeteiltes, sämiges Mahlgut, das sich mit Wasser ohne Schwierigkeit weiter verdünnen ließ.

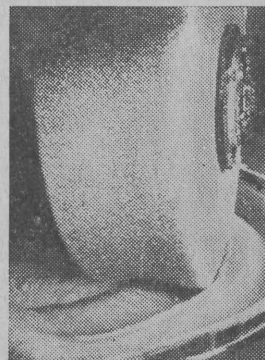


Abb. 6b: Wirkungsweise eines Läufers bei der Zerkleinerung und Mischung plastischer Massen

### 3. Das Mischen des Torfes mit Wasser.

Das Mischen des Torfes mit Wasser erfolgt in einigen Badetorfaufbereitungen nach der Vorzerkleinerung in großen Mischbottichen. Im allgemeinen wird auf eine Vorzerkleinerung verzichtet. Es ist dann nur eine einzige Mischung des Torfes mit Wasser vorgesehen, wobei gleichzeitig auch der Dickschlamm auf Badetemperatur erwärmt wird. Die Vormischung hat vor allem den Zweck, den durch Vorzerkleinerung aufgelockerten Rohrtorf weiter aufzuschließen und ihn nach Möglichkeit mit Warmwasser in Verbindung zu bringen, um die Quellung der Kolloide einzuleiten und die Torfmasse bei Normalkonsistenz zu homogenisieren.

Einen Überblick über das Fortschreiten des Aufschließens des Torfes beim Mischen ergeben bereits einige siebanalytische Untersuchungen. Je kleiner der Siebrückhalt, um so weitgehender ist der Torf aufgeschlossen. Dieses Fortschreiten wurde am Beispiel eines Marienbader Torfes bei zunehmenden Feuchtigkeitsgehalten zahlenmäßig verfolgt.

Dabei ist deutlich erkennbar (Abb. 7), daß bei hohen Feuchtigkeitsgehalten, z. B. bei 91 %, der Rückhalt auf einem 2-mm-Sieb nur noch rd. 5 % beträgt. Auf Grund der Kurventendenz wird daher empfohlen, das endgültige Verhältnis Torf : Wasser, welches vorher durch Wasserkapazitätsbestimmungen festgelegt werden muß, sogleich bei der Vormischung herzustellen. Es ist also unzweckmäßig, das Wasser erst allmählich zum Torf während des Mischens zuzusetzen.

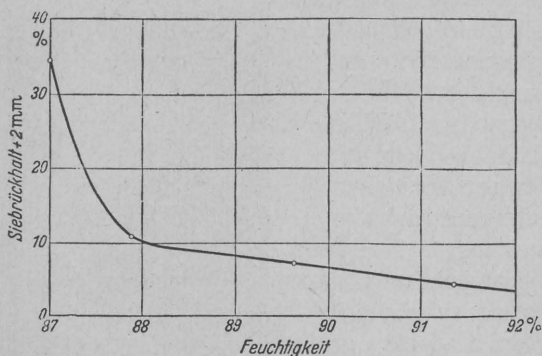


Abb. 7: Mischwirkung in Abhängigkeit vom Feuchtigkeitsgehalt

mit Doppelturbinenrührern der Torf gut mit Wasser gemischt werden. Wie aus Zahlentafel 4 hervorgeht, ist z. B. die Mischwirkung bei Berücksichtigung der Aufgabe fast gleich.

#### Zahlentafel 4

Mischwirkung bei verschiedenen Rührerformen bei konstanter Feuchtigkeit, Mischdauer und Drehzahl

(Gefäß: 135 mm Ø, Doppelturbine: 80 mm Ø, Kreuzpropeller: 90 mm Ø).

Aufgabematerial: Rohtorf aus dem Rojau-Moor — Probe 1a — Mischdauer: rd. 20 Min.).

Rührerform	Umdr./min der Rührerwelle	Feuchtigkeitsgehalte in %			Feststoffanteil der Aufgabe in %		Nach der Mischung Anteil in %	
		Aufg.	+ 2 mm	— 2 mm	+ 2 mm	— 2 mm	+ 2 mm	— 2 mm
Doppelturbine . . . .	501	91,64	89,13	91,98	20,35	79,65	15,92	84,08
Kreuzpropeller . .	540	91,71	89,38	92,29	25,02	74,98	19,55	80,45

Auch die Drehzahl der Rührerwelle ist nicht ohne Einfluß. Bei niedrigen Drehzahlen findet überhaupt keine Durchmischung statt. Durch einige Vorversuche konnte festgestellt werden, daß z. B. bei diesen Rührerformen im Kleinversuch die günstigsten Drehzahlen zwischen 650 und 750 Umdr./min liegen. Höhere Drehzahlen ändern das Ergebnis der Mischwirkung nur noch wenig und erfordern nur größere Stroment-



nahmen. Die günstigsten Drehzahlen müssen von Fall zu Fall durch Versuche festgestellt werden.

Bei der Vormischung ist auch die Rühdauer von Bedeutung. Früher war man der Ansicht, daß die Rühdauer etwa 2 Stunden betragen müsse, um die für die Quellung des Torfes notwendige Zeit zur Verfügung zu haben. Vorversuche haben jedoch ergeben, daß bei Verwendung geeigneter Rührer eine längere Rühdauer als 20–30 Minuten bei Marienbader Torf kein merkbares Fortschreiten der Torfaufschließung bringt. Wie aus Abb. 8 ersichtlich, fällt anfangs die Kurve steil ab und läuft dann fast horizontal aus.

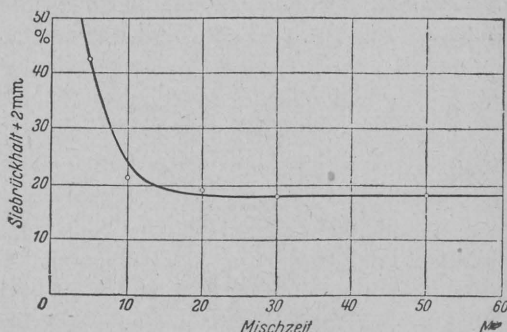


Abb. 8: Mischwirkung in Abhängigkeit der Zeit

Von großem Einfluß scheint auch die Temperatur bei der Vormischung zu sein. Daher wird bereits in einigen Badetorfaufbereitungsanlagen vorgewärmtes Wasser zugeführt. Warmwasser begünstigt zweifelsfrei das Aufschließen der Torfklumpen, die Quellung der Torfkolloide und unter Umständen die Lösung der Mineralbestandteile. Dagegen ist die Zuführung von Heißwasser oder Einleitung von Dampf unbedingt zu vermeiden, da nach Benade<sup>2</sup> (S. 126/127) bei hohen Temperaturen „ein Teil der Kolloide koaguliert und die Mikroflora zum Teil abgetötet wird“. Durch diese kurzen Bemerkungen wird bereits die Richtung aufgezeigt und festgelegt, wie die Vormischung zweckmäßiger durchzuführen ist.

In älteren Aufbereitungsanlagen werden noch heute große Holzmischbottiche benutzt (2–10 cbm Inhalt), in denen Flügelrührer mit Drehzahlen von etwa 50/min umlaufen. Das Aufschließen des Rohtorfes, das bei diesen niedrigen Drehzahlen nicht durch Rühr- und Mischwirkung erfolgen kann, soll nun durch ständige Zuleitung von Dampf unterstützt werden, wobei lange Mischzeiten (bis 2 Stunden) üblich sind. Derartig arbeitende Vormischer sind als ungeeignet zu bezeichnen.

Schon vor längerer Zeit hatte man erkannt, daß die Mischwirkung hauptsächlich von Rührerform und Drehzahl abhängig ist. Friedrich<sup>23</sup> benutzt daher schon seit einigen Jahren einen Zyklon-Hochleistungskreislerührer, Bauart Hösch & Söhne, Düren. Dieser Rührer hatte sich besonders in der Lack- und Farbenindustrie gut bewährt. Die Ergebnisse der von Friedrich durchgeführten Versuche in einem Bottich von 3,1 cbm Inhalt (Drehzahl 200/min) zeigen bereits, daß die Mischwirkung schon nach einer halben Stunde erheblich besser ist als beim Flügelrührer nach 2 Stunden. Dabei wird auf 20° C vorgewärmt und hervorgehoben, daß die Erwärmung bereits indirekt durch einen Heizmantel erfolgt.

Man hat ferner versucht, lediglich durch Einblasen von Druckluft in den Dickschlamm ausreichende Mischwirkungen zu erzielen. Abgesehen davon, daß Preßluftanlagen hohe Anlage- und Betriebskosten verursachen, zeigen die Beispiele des praktischen Betriebes, daß die Druckluftaufbereitung allein den gestellten Anforderungen nicht nahekommt. Ob nun die Druckluft dadurch eine günstige Wirkung auf den Badetorf ausübt, daß ein Teil der Luft in den Poren und Kapillaren des Torfes festgehalten wird, sei zunächst noch dahingestellt.

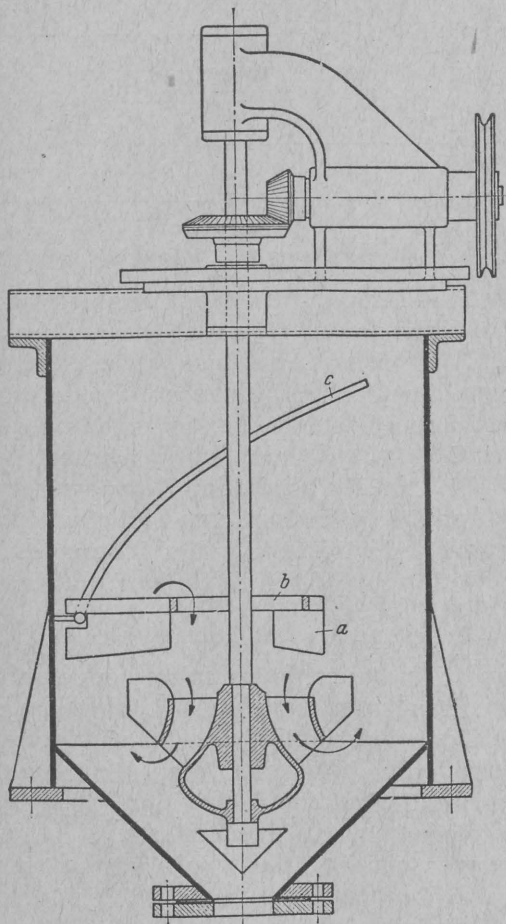


Abb. 9: Schnitt durch einen Taifunmischer  
(Hersteller: Taifun-Apparatebau H. Paschke,  
Freiberg, Sachsen)

schung auch auf den oberen Teil zu übertragen, ist der Taifunmischer mit einem Lamellensystem *b* ausgerüstet. Dieses besteht aus drei etwa  $120^\circ$  auseinanderstehenden Lamellen oder Staublechen, welche das entstehende Rotationsparaboloid im oberen Teil abschnei-

Weit wirkungsvoller und vor allem billiger ist in jedem Fall das mechanische Rühren. Wie die Ergebnisse zahlreicher Mischversuche beweisen, scheint nun der Taifunmischer, der von der Firma Paschke in Freiberg/Sa. gebaut wird, für die Torfmischung besonders geeignet zu sein. Das Rührprinzip des Taifunmischers unterscheidet sich von dem der üblichen Mischer wesentlich. Zunächst sei die Bauart und Arbeitsweise kurz beschrieben. Das Rührwerk besteht aus dem eigentlichen Rührer *a* (Abb. 9), wobei am Rührerquirl vier Flügel oder Rippen angesetzt sind. Bei Drehzahlen von etwa 200/min wird der Dickschlamm, wie das auch bei anderen Rührern der Fall ist, infolge der Fliehkraft nach außen an die Gefäßwandung geschleudert und nimmt

schließlich die Form eines Rotationsparaboloides an. Dadurch wird eine gute Durchmischung der Masse nur im unteren Teil des Mischers stattfinden. Um nun die Mi-

den und die Masse zwingen, wieder in den Bereich des Einzuges des Rührers a zu kommen. Derartige Vorrichtungen zur Unterbrechung der Rotationsbewegungen der Masse sind in der Mischtechnik zwar bekannt, sie wurden jedoch bislang stabil in Form von Staublechen oder Stauleisten ausgeführt und haben bei zwar guter Mischwirkung einen großen Kraftbedarf verursacht. Das Lamellensystem eines Taifunmischers unterscheidet sich nun dadurch, daß es in senkrechter Richtung beweglich ist und entsprechend den Eigenschaften der Masse immer die Stelle des geringsten Widerstandes selbsttätig aufsucht. Dabei gleitet es auf drei schräg angeordneten Leitschienen c. Durch dieses beweglich angeordnete Lamellensystem gelang es vor allem, *den Kraftbedarf erheblich herabzusetzen*. Erfahrungsgemäß wird je cbm Masse ein Kraftbedarf von 1—2 PS erforderlich sein. Taifunmischer werden bis zu Größen von 300 cbm gebaut. Versuche mit einem Laboratoriumsmischer von etwa 80 l Inhalt haben gezeigt, daß bei einer Drehzahl der Rührerwelle von 200/min eine Rührdauer von 20 Minuten ausreichend ist, um vorzerkleinerten Marienbader Rohtorf mit Wasser ausreichend zu durchmischen und aufzuschließen.

#### 4. Die Klassierung des Dickschlammes.

Klassierungsarbeiten haben den Zweck, die durch Vorzerkleinerung und Vormischung vorbereitete Masse in Kornklassen zu trennen. Die Siebklassierung in primitivster Form findet seit einem Jahrhundert fast in jedem Badebetrieb statt. Sie besteht darin, daß die größten Klumpen und Steine entweder von Hand oder durch einen Sieblöffel aus der Badewanne entfernt werden. Es gibt aber in keinem Moorbad eine aus der Notwendigkeit dieser Arbeit entstandene mechanische Siebklassierung. Eine Sicherung der Kornfeinheit ist aber für die Erzeugung eines feinkörnigen, homogenen Badematerials notwendig, denn wenn es auch gelingt, durch Vorzerkleinerung und intensive Mischung die Torfklumpen aufzuschließen, so ist immer noch eine mehr oder minder bedeutende Menge von Steinen und Holzteilen vorhanden, welche ausgehalten werden muß. Aus der Erkenntnis, daß die Trennung nicht stofflich, sondern nach geometrischen Abmessungen, also nach der Korngröße vor sich gehen muß, ist die Verwendung von Siebmaschinen als zweckmäßig anzusehen. *Die Einführung der Siebarbeit in den Stammbaum einer modernen Badetorfaufbereitung nach Gründer ist neu*; sie ermöglicht die Erzielung einer genügenden Feinheit und Homogenität des Badeschlammes. Die Absiebung soll nach der Vormischung erfolgen, d. h. es wird ein Gut mit einem Feuchtigkeitsgehalt von rd. 90% dem Sieb zugeführt. Ein Gut mit so hohem Wassergehalt kann jedoch nicht von jeder Siebmaschine und Gewebeart ohne Schwierigkeiten verarbeitet werden. Vor etwa einem Jahrzehnt war es überhaupt noch nicht möglich, derartige Dickschlämme zu klassieren. Erst der Weiterentwicklung der Siebtechnik ist es zu danken, daß auf diesem Arbeitsgebiet der Aufbereitung kaum noch Schwierigkeiten auftreten. Diese Entwicklung der Siebmaschinen ist dadurch kurz gekennzeichnet, daß früher mit



großen Schwingungsweiten und geringen Schwingungszahlen gearbeitet wurde, heute jedoch Siebmaschinen zur Verfügung stehen, die als hochtourige Maschinen mit kleinen und kleinsten Schwingungsweiten, jedoch hohen Schwingungszahlen arbeiten. Die Entwicklung vom langsam laufenden Schwingsieb bis zum Zittersieb gestattet heute, diejenige Siebmaschine auswählen zu können, die gerade den Eigenschaften des Siebgutes und den gestellten Anforderungen entspricht.

Versuche mit Marienbader Dickschlamm auf Zittersieben oder Vibratoren ergaben, daß infolge der schnellen und kurzen Zitterbewegungen des Siebes das grobmechanisch gebundene Wasser frei wird und in den Siebdurchgang geht. Dadurch wird der Siebrückhalt weitgehendst entwässert. Ferner benötigen diese Vibratoren, die mit Schwingungsweiten von einigen Millimetern und Schwingungszahlen von 2000—3000 arbeiten, umfangreiche Fundamentierungen und haben große Durchsatzleistungen, die auch in Badetorf-Großaufbereitungsanlagen nicht zu bewältigen sind.

Geeigneter sind daher die Universalschwingsiebe, System Schieferstein, oder Turboschwingsiebe in der Bauart des Krupp-Grusonwerkes Magdeburg. Bei diesen Siebvorrichtungen führt der Siebkasten eine Parallelverschiebung auf kreisförmiger Bahn aus. Während beim Universalschwingsieb der Kreisschwingantrieb durch eine Exzenterwelle erfolgt, wird das Turboschwingsieb durch eine zwei Unbalancen tragende Welle angetrieben.

Eingehende Untersuchungen dieser beiden Siebvorrichtungen verdanken wir H. Glatzel<sup>26</sup> und F. Trockels<sup>27</sup>, die in ihren Dissertationen die Ergebnisse umfangreicher Versuche ausgewertet und allgemein gültige Gesetzmäßigkeiten herausgearbeitet haben.

Beim *Universalschwingsieb, System Schieferstein*, versetzt der Exzenter c mit kleinem Hub (1,5—2,5 mm) den Siebkasten a, der in vier Gummipuffern b ruht, in Kreisschwingungen (Abb. 10a). Die Exzenter-

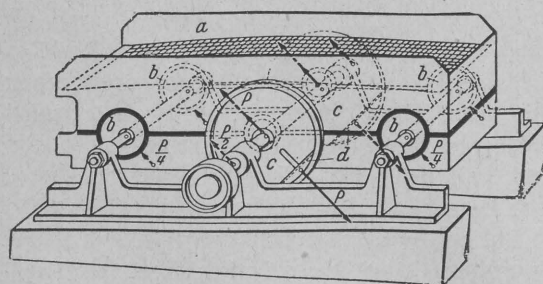


Abb. 10a: Universalschwingsieb,  
System Schieferstein

- |                |                   |
|----------------|-------------------|
| a) Siebkasten  | c) Schwungscheibe |
| b) Gummipuffer | d) Gegengewicht   |

welle läuft in zwei Pendelrollenlagern und dreht sich mit ihren Endzapfen zentrisch im Maschinenrahmen. Die auf die Lager der Kurbelwelle wirkenden Massenkräfte werden durch die Schwungscheiben c, die mit den Gegengewichten d versehen sind, ausgeglichen. Da die Größe des Siebausschlages abhängig von der Exzentrizität der Antriebswelle ist, handelt es sich beim Universalschwingsieb um eine hubbegrenzte Sieb-

maschine. Nur durch Auswechseln der Exzenterwelle kann der Hub verändert werden.

Beim Einbau der Exzenterwelle in den Siebkasten werden die Gummipuffer um den Hub des Exzenters vorgespannt. Infolge der Wirkung der Vorspannung läuft die von den Gummipuffern ausgehende Druckzone mit der Exzentrizität um. Die Lager werden also durch die umlaufende Kraft von konstanter Größe belastet.

Bestwerte werden bei Drehzahlen von 900—1000 Umdr./min erhalten.

Beim *Turboschwingsieb* ruht der Siebkasten auf Blattfedern (Abb. 10b). Der Antrieb erfolgt durch Unbalancen, die an den Enden der tragenden Welle angeordnet sind (Wuchtmassenantrieb). Schwingungsweite und Schwingungszahl sind in weiten Grenzen einstellbar und können der Eigenart des Siebgutes angepaßt werden. Wie beim Universalschwingsieb ist auch hier die Siebfläche zwischen 0—40° einstellbar.

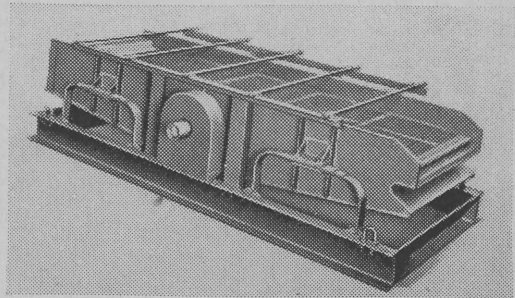


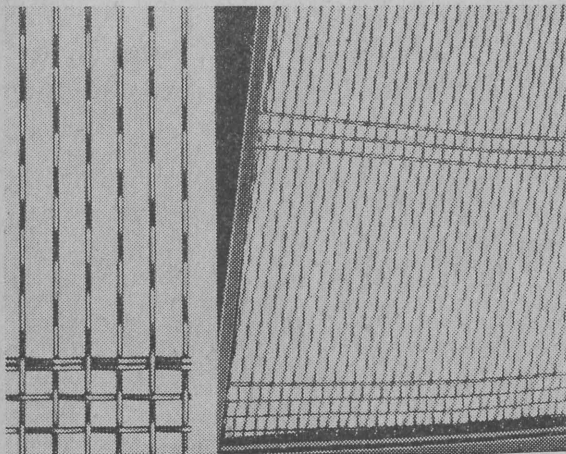
Abb. 10b: Turboschwingsieb  
Bauart Krupp-Grusonwerk

Wenn es auch möglich ist, bei diesen Siebmaschinen zwei Siebe (Doppeldecker) oder drei übereinander anzuordnen, so erscheint es für Badetorfaufbereitungsanlagen zweckmäßiger, auf einem Eindecker — falls nötig — Siebe von verschiedenen Sieböffnungen hintereinander zu spannen.

Mit der Auswahl einer geeigneten Siebmaschine ist jedoch das Problem der Absiebung eines Dickschlammes noch nicht gelöst. Wählt man als Sieb ein *Quadratmaschengewebe* kleiner oder mittlerer IMW, so zeigt bereits ein einfacher Versuch sehr anschaulich, daß das Sieb schon nach dem Absieben kleiner Dickschlammproben und nach kurzer Zeit so verstopft ist, daß eine weitere Absiebung ohne Siebreinigung unmöglich wird. Auch der Einsatz von Langlochsieben beseitigt die Verstopfungsgefahr nicht restlos.

Erst die Einführung der *Harfensiebe in der Siebtechnik* hat es ermöglicht, derartige Dickschlämme betriebssicher zu verarbeiten. Die im Jahre 1931 erfundenen Harfensiebe (Abb. 11), welche die Firma L. Hermann in Dresden herstellt, stellen ein neuartiges Sieb dar. Diese Siebe bestehen aus vorgewellten Längsdrähten, die in weiten Entfernungen durch Schußdrähte in ihrer Lage gehalten werden, so daß langspaltige Sieböffnungen entstehen. Zur Erzielung eines in sich starren Siebes ist eine starke Vorspannung sämtlicher Kettendrähte erforderlich, wobei eine gleichzeitige Spannung durch die vorgewellten Längsdrähte (Vorrat an freier Drahtlänge) ermöglicht wird. Werden Harfensiebe bestimmter Spaltweiten auf hochtourige Kreisschwinger

gespannt, so bereitet die Absiebung der Badetorfvormischung keinerlei Schwierigkeiten. Die freitragenden Drähte führen eine intensive Eigenvibration aus und *schließen auch dadurch den Torf noch zusätzlich auf*. Trotz der langen Spalten sind im Siebdurchgang nur wenig Pflanzenfasern und Wurzeln zu finden.



**Abb. 11: Harfensieb**

Hersteller Louis Hermann, Dresden

Versuche mit Marienbader Dickschlamm lassen erkennen, daß bei Verwendung von Harfensieben der Siebdurchgang vollkommen aufgeschlossen wird und gleichzeitig das Mengenausbringen bedeutend größer ist als bei Quadratmaschensieben. Aus Zahlentafel 5 (s. S. 357) ist zu ersehen, daß z. B. bei 2 mm Spaltenabstand das Harfensieb um rd. 26% günstiger liegt und bei einem Spaltenabstand von 5 mm sogar der Siebdurchgang um 37% größer ist als bei

Quadratmaschen. Der Siebdurchgang eines Harfensiebes wird auf Grund der Maschenform etwas größer sein als der Siebdurchgang durch ein Quadratmaschensieb gleicher lichter Maschenweiten. Das ist jedoch unter Berücksichtigung der großen Vorteile von untergeordneter Bedeutung. Nachdem durch Versuche die Richtigkeit der Anwendung der *Kreisschwingsiebmaschinen mit Harfensiebbespannung* für die Badetorfaufbereitung nachgewiesen wurde, bleibt noch die Frage offen, in welcher Größenordnung die Grenzen der Kornklassen liegen sollen, d. h. welches größte Korn im badegerechten Dickschlamm noch zugelassen werden kann. Älteren Auffassungen nach ist es ausreichend, wenn das größte Korn des Badetorfes einen Durchmesser von mehreren Millimetern (z. B. nach Friedrich 15 mm) besitzt. Die neuzeitliche Aufbereitung stellt jedoch größere Ansprüche an den badefertigen Torf und verlangt eine vollkommen ausgeglichene, homogene Masse. Durch Herstellung von verschiedenen Kornklassen, wie z. B. 0,1 — 0, 0,5 — 0, — 1, — 2, — 3, — 5, — 10 mm und darüber wurde zunächst festgestellt, daß das Gut erst von — 5 mm ab und darunter eine verhältnismäßig homogene Masse darstellt. Die weiteren Unterlagen über die Festlegung der Klassengrenzen stützen sich auf eine Arbeit von Benade<sup>15</sup> über den „Einfluß verschiedener Faktoren auf das Wasserbindungsvermögen“. Danach kann man schließen, daß bei jüngeren Torfen die badefertige Masse unter 2—4 mm Korngröße gebracht werden sollte. *In diesem Bereich liegt auch der Wert der größten Wasserkapazität.* Beim wei-



teren Aufschließen junger Torfarten auf 0,2—0,1 mm nimmt die Wasserkapazität wieder ab. Bei älteren Torfarten hat sich ein Aufschließen auf 2—4 mm als geeignet erwiesen, wenn auch eine weitere Zerkleinerung gleichzeitig einen weiteren Anstieg der Wasserkapazität mit sich bringt. Auf Grund dieser Ergebnisse wurde als obere Grenze für den badefertigen Torf ein Sieb mit 2 mm Spaltenweite (Harfengewebe) gewählt. Die Erfahrungen im Großbetrieb werden später von Fall zu Fall die Richtigkeit dieser Korngrenzenfestlegung bestätigen oder u. U. zu notwendigen Korrekturen führen. Die Größenordnung dürfte aber im allgemeinen richtig liegen. Änderungen sind auch leicht durch Auswechslung der Siebe durchführbar.

Die balneologische Untersuchung des vorgemischten Dickschlammes in verschiedene Kornklassen läßt erkennen, daß das Gut unter 2 mm als geeignet angesehen werden kann. Im Rohtorf sind aber auch eine ganze Menge grober Holzteile, Steine und grobe Wurzeln enthalten, die durch Siebklassierung entfernt werden können. Dieses Grobkorn kann ebenfalls auf Harfensieben mit einem Spaltenabstand von z. B. 5 mm abgetrennt werden. Das Ergebnis einer derartig durchgeführten Siebklassierung mit Marienbader Rojau-Torf ist aus folgender Zusammenstellung zu ersehen:

Kornklasse in mm	Kennzeichnung der Kornklasse	Anfall bei	
		Klein- versuchen %	Groß- versuchen %
+ 5	Hauptsächlich grobe Steine und Holzteile	3	3
5—2	Nicht aufgeschlossene Torfklumpen mit vorwiegend Wurzeln und Pflanzenfasern	22	16
— 2	Genügend aufgeschlossener Badetorf . .	75	81

1. Der Grobkornanteil ist demnach mit rd. 3 % der Gesamtmenge gering. Er enthält jedoch als Haftkorn wertvolle Peloidanteile, die durch Abwaschen nutzbar gemacht werden können.
2. Der Anteil an Klumpen ist weitaus größer und bedarf einer Nachzerkleinerung, um Materialverluste tunlichst zu vermeiden.
3. Die Hauptmenge (75—80 %) ist als Fertigprodukt anzusehen und genügend fein aufgeschlossen.

## 5. Die Grobkornaufbereitung.

Die Frage, ob der Grobkornanteil als Abfall angesehen werden muß oder weiter behandelt werden soll, kann man nur dann beantworten, wenn man die Zusammensetzung desselben näher betrachtet. Der Siebrückhalt besteht, wie schon erwähnt wurde, aus groben Steinen und Holz, dessen Nachzerkleinerung und Zurückführung zu der Hauptmasse eigentlich keine Steigerung der Badetorfwirkung bedeuten würde und

nur Energie und Arbeit erfordert. Steine, vor allem Quarz und unzersetztes Holz begünstigen die Heilwirkung des Badetorfes nicht. Zahlreiche Waschversuche haben nun ergeben, daß die groben Bestandteile mit einem feinen Schlamm umhüllt sind (Haft- und Ballkorn). Dieser feine Schlamm beträgt beim Marienbader Rojau-Torf — umgerechnet auf Trockensubstanz — sogar etwa 75 % der Gesamtmenge des Grobkornanteils. Das bedeutet, daß rd. 2,25 % des gesamten Badetorfes in Form des kostbaren feinen Schlammes im Falle der Ausscheidung der Kornklasse + 5 mm verloren gehen würden. Dieser Anteil von 2,25 % ist aber gerade infolge seiner Feinheit für das Moorbäd von besonderer Bedeutung. Aus diesem Grunde muß daher das Feinkorn und das Haftkorn am Grobkornanteil zurückgewonnen und der Haupttorfmenge wieder zugeführt werden. Diese Arbeit kann auf verschiedene Art durchgeführt werden. Es genügt z. B., das grobe Gut abzubrausen oder besser in ein Gefäß zu tauchen, um den Feinanteil durch einen aufsteigenden Wasserstrom von den Steinen und Holz abzuwaschen. Die üblichen Waschapparate, wie z. B. die Exzelsior-Waschmaschinen oder Läutertrommeln, so wie sie in der Aufbereitungstechnik üblich sind, werden sich jedoch hier infolge des niedrigen spezifischen Gewichtes des Holzes nicht eignen. Ein Teil des Holzes würde zusammen mit dem feinen Peloidanteil wegschwimmen. Es wird deshalb die Entwicklung eines besonderen Waschapparates notwendig sein.

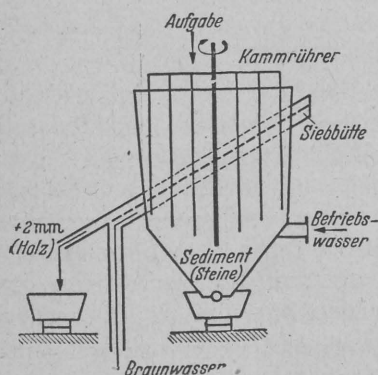


Abb. 12: Waschapparat

Dieser Waschapparat (Abb. 12) soll aus einem zylindrischen Gefäß bestehen, in dem ein langsam laufender Kammrührer das Aufgabegut verteilt. Das Wasser wird im unteren Teil zugeführt und steigt langsam aufwärts bis zum Überlauf. Das von oben aufgegebene Gut wird vom Kammrührer erfaßt und vom aufsteigenden Wasser durchgewaschen. Die abgewaschenen Steine sowie ein Teil des unvollkommen zersetzten Holzes fallen in den kegelförmigen unteren Teil des Gefäßes und werden von Zeit zu Zeit durch einen Schieber ausgetragen. Die

Holzteile, die leichter als Wasser sind, werden gemeinsam mit dem Wasser und dem Feinschlamm überlaufen und kommen auf die um das Gefäß gebaute Siebbütte. Diese Siebbütte ist mit einem Quadratmaschensieb von 2 mm IMW versehen. Das grobe Holz wird vom Sieb abgefangen, durch einen umlaufenden Abstreicher gesammelt und ausgetragen. Das Wasser mit den feinen Torfteilchen, „Braunwasser“ genannt, geht durch das Sieb und läuft durch ein Auslaufrohr zum Braunwassersumpf. Um den feinen Peloidanteil wieder der Haupttorfmenge zuzuführen, wird nun für die Vormischung nicht Klarwasser verwendet, sondern das vom Waschapparat kommende Braunwasser.

Als Betriebswasser für den Waschapparat kann nun Mineral- oder angewärmtes Wasser verwendet werden. Auf diese Weise ist der Kreislauf geschlossen und der Verlust an feinem und feinstem Schlamm sehr gering. Der gesamte Verlust an Material würde auf Grund unserer Versuche dadurch höchstens 0,75 bis 1,0 % betragen.

Da es sich beim „Braunwasser“ um eine Peloidsuspension von sehr geringer Konzentration handelt, könnte man es u. U. für Braunwasserbäder benutzen. Der Einsatz solcher Bäder wäre vielleicht dort gegeben, wo die Reaktion eines normalen Moorbades für den Patienten zu stark ist.

## 6. Die Erwärmung des badegerechten Dickschlammes.

Durch die besondere Art der Grobkornaufbereitung werden durch das Braunwasser auch die Feinstkornanteile wieder mit der Torfmasse vereinigt. Das abgetrennte Mittelkorn wird nach der Nachzerkleinerung wieder mit dem Feinkorn zusammengeführt, so daß bei geringstem Materialverlust (grobe Steine und Holz) *keinerlei stoffliche Trennungen während des Aufbereitungsganges* stattfinden.

Das zerkleinerte Mittelkorn muß nun mit der Hauptmasse wieder gut gemischt werden, wobei gleichzeitig der badegerechte Dickschlamm auf die erforderliche Temperatur gebracht werden soll. Homogenisierung bei gleichzeitiger Erwärmung kann sicher und einfach durch mechanisches Rühren erfolgen. Dabei ist das Erreichen einer vollkommen ausgeglichenen Temperatur der Bademasse von größter Bedeutung. Da gerade die thermischen Eigenschaften für die Heilwirkung von großer Wichtigkeit sind, ist es verständlich, daß wohl alle Kurbetriebe dieser Frage größte Aufmerksamkeit schenken. Ein Temperatenausgleich mit einem Schwankungsbereich von Bruchteilen eines Celsiusgrades ist jedoch bei den niedrigen Werten der Wärmeleitzahl der Torfe nicht leicht zu erreichen. Würde man den Temperatenausgleich während der Erwärmung nur der natürlichen Wärmeleitung des Torfes überlassen, so würde es im Großbetrieb tagelang dauern, ehe ausgeglichene Bäder verabreicht werden könnten. Die Heranziehung einer intensiven Konvektion innerhalb des badefertigen Torfes ist deshalb unentbehrlich. So kommt man auf dieselben Maßnahmen wie beim Vormischen und Homogenisieren, nämlich die Torfmasse kräftig zu durchmischen. Je intensiver die Durchmischung der Masse ist, um so kürzere Zeit ist notwendig, um den gewünschten Ausgleich zu erreichen.

Um geeignete Maßnahmen zur Erwärmung treffen zu können, muß man vor allem die Temperaturhöhe oder den Temperaturbereich kennen, bei dem Moorbäder abgegeben werden sollen. Für den Aufbereiter ist es nun wichtig zu wissen, ob ein Kurbetrieb mit nur einer Temperatur arbeitet oder mit einer breiten Temperaturspanne. Arbeitet man mit nur einer Temperatur, so wird die ganze Torfmasse auf die gewünschte Temperatur gebracht werden müssen. Anderenfalls ist die



Durchführung der Erwärmung viel komplizierter, da es sich dann um die Herstellung von Bädern im Bereich von 35—43 ° C handelt, wobei der Hauptanteil auf 40—42 ° C fällt. Der Unterschied zwischen oberer und unterer Temperaturgrenze beträgt also etwa 8°. Eine Erwärmung in acht verschiedenen Gefäßen mit acht verschiedenen Temperaturen würde eine Betriebsanlage allzu groß und teuer machen. Da für jede Temperatur dann auch eine Leitung notwendig wäre, würden dementsprechende Rohrleitungssysteme notwendig sein. Darüber hinaus würde der ganze Badebetrieb zu unelastisch, da man nur schwer übersehen kann, welche Temperaturgruppen in bestimmten Zeiten am meisten gebraucht werden. Man könnte diese Schwierigkeiten z. T. dadurch beheben, daß man grundsätzlich nur drei Bädergruppen einführt, und zwar:

1. unter Körpertemperatur . . . . . (unter 37 ° C),
2. von Körpertemperatur . . . . . (etwa 37 ° C),
3. über Körpertemperatur . . . . . (über 37 ° C).

Diese Lösung steht jedoch den seit Jahren eingeführten Temperaturspannen entgegen und wird auch von seiten der Ärzte nicht gebilligt werden können. Es bleibt deshalb bei Großbetrieben nur eine Lösung übrig, nämlich zwei Torfvorräte herzustellen, und zwar *Heißtorf* und *Kalttorf*, die beim Füllen der Badewanne auf die gewünschte Temperatur miteinander zu mischen sind. Man folgt dabei mit Recht den Gepflogenheiten bei der Herstellung von Warmwasserbädern. Die Erwärmung des badegerechten Dickschlammes kann auf verschiedene Arten durchgeführt werden.

Die direkte Erwärmung durch Dampf wird gegenwärtig fast überall in den Großbetrieben durchgeführt. Dabei wird Wasserdampf unter Druck direkt dem Badetorf während der Mischung mit Wasser zugeführt. Da es sich fast überall um Mischgefäße mit langsam laufenden Rührern handelt, benötigt die Erwärmung und der Temperatenausgleich 1 bis 2 Stunden. Trotzdem wird gegenwärtig kein genügender Temperatenausgleich erzielt. So wurden z. B. Unterschiede von 2 ° C in derselben Wanne gemessen. Diese unzulässig großen Temperaturunterschiede sind jedoch nicht auf die Art der Erwärmung, sondern auf die ungenügende Wirkung des Mischers zurückzuführen. Auf die Nachteile der direkten Erwärmung durch Wasserdampf hat Benade bereits des öfteren hingewiesen und hervorgehoben, daß dadurch die Mikroflora abgetötet und eine Koagulation der Kolloide verursacht wird. Betriebsmäßig gesehen wird ferner die Normalkonsistenz der Torfmasse durch Kondenswasser herabgesetzt. Die gegebenenfalls vorher durch Einwaage genau eingestellte Konsistenz würde dadurch verändert. So wird daher empfohlen, die allgemein übliche direkte Erwärmung mit Wasserdampf durch eine indirekte Erwärmung zu ersetzen. Diese besteht darin, daß der Dampf nicht in den Dickschlamm selbst eingeblasen, sondern in einen um das Mischgefäß gebauten Mantel (Dampfhemd) geführt wird. Auch in den Nachmischern eingebaute Dampfschlangen

dürften zweckmäßig sein. Bei der indirekten Außenerwärmung wird die Wandung des Mischgefäßes aus einem gut leitenden Material, wie z. B. Eisenblech, hergestellt. Diese ist gleichzeitig die innere Wand des Dampfhemdes. Die äußere Wandung des Heizmantels besteht entweder aus einem wärmeisolierenden Stoff, oder es wird für eine gute Wärmeisolierung nach außen gesorgt (wie z. B. Glaswolleumkleidung). Hierfür würden sich auch Platten aus Kork, Torf, Zellstoff, gebrannter Kieselgur oder Magnesia, Asbest usw. eignen. Die Torfmasse, die in Berührung mit der Wand des Mischgefäßes kommt, wird nun sofort durch diese erwärmt. Dadurch, daß für eine gute Durchmischung der Masse gesorgt wird, bleiben die einzelnen Torfteile nicht allzulange mit der heißen Wandung in Berührung.

Um einen Überblick über die Wirkung einer indirekten Erwärmung zu bekommen, wurden mehrere Versuche in einer kleinen Laboratoriumsapparatur durchgeführt. Wie aus Abb. 13 zu ersehen ist, wurde

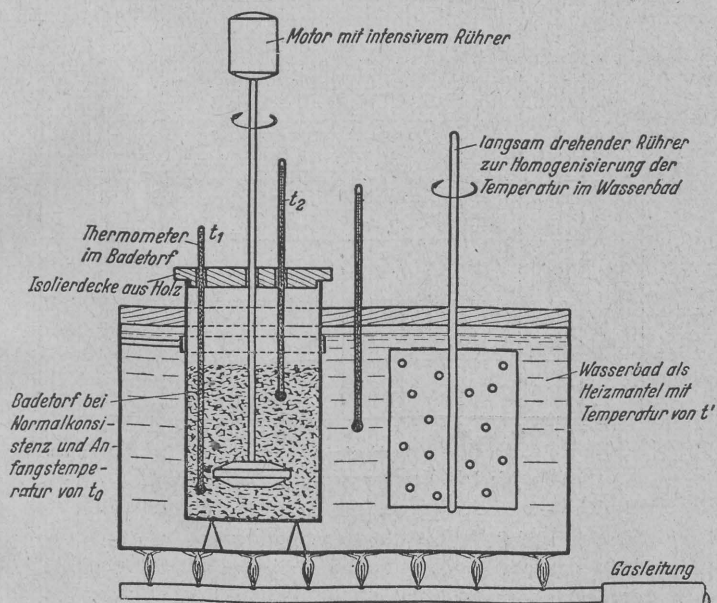


Abb. 13: Skizze der benutzten Apparatur zur indirekten Erwärmung des Badetorfes — Maßstab 1 : 5

Aufgabe je Versuch : 3 kg Badetorf

$t_1$  Temperatur des Heizmantels (Wasserbad)

$t$  Ausgangstemperatur des Badetorfes

$t_X$  Erwünschte Endtemperatur des Badetorfes

$t = t_X - t_0$  Temperatur im Badetorf

der Heizmantel durch ein Wasserbad ersetzt. Mit Hilfe eines langsam laufenden Rührers wurde die Temperatur des Wasserbades ausgeglichen und diese durch das Thermometer  $t_1$  gemessen. In einem in dieses

Bad eingesetzten zylindrischen Gefäß wurden nun etwa 3 kg normal-konsistenten Dickschlammes bei kräftiger Rührerbewegung erwärmt, wobei die Temperaturzunahmen an zwei Thermometern, und zwar am Boden und in den oberen Schichten abgelesen wurden. Die Anfangstemperatur des Dickschlammes sei mit  $t_0$ , die gewünschte Endtemperatur mit  $t_x$  bezeichnet. Somit ist die Temperaturzunahme des Dickschlammes  $t = t_x - t_0$ . Zunächst wurden die Abhängigkeiten zwischen Temperaturzunahme und Mischzeit bei verschiedenen Temperaturen des Wasserbades bei gleicher Rührerdrehzahl ermittelt. Um die experimentell erhaltenen Werte miteinander vergleichen zu können, wurden diese auf eine gleiche Anfangstemperatur umgerechnet. Die Ergebnisse sind graphisch in Abb. 14 dargestellt und zeigen — wie zu erwarten —,

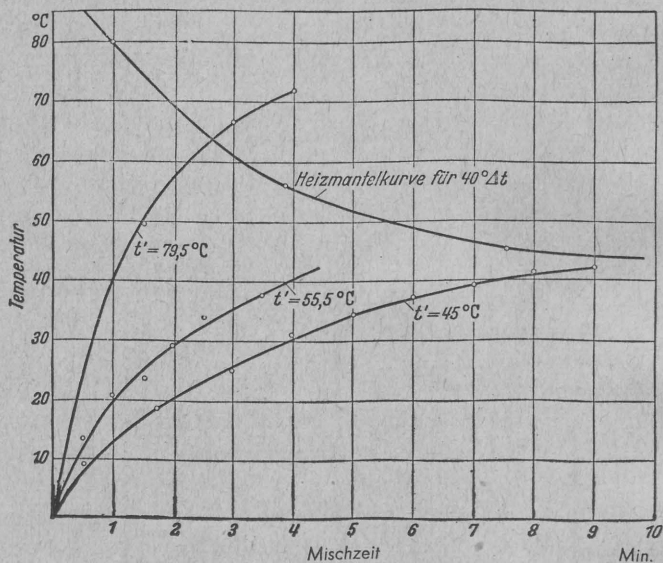


Abb. 14: Die Erwärmung des Badetorfes

bei verschiedenen Temperaturen des Heizmantels ( $t'$ ), reduziert auf gleiche Anfangstemperaturen

Die Heizmantelkurve zeigt die Abhängigkeit zwischen der Temperatur des Heizmantels und der erforderlichen Mischzeit für  $40^\circ \Delta t$

daß bei gleicher Rührerdrehzahl der Badetorf um so schneller erwärmt wird, je höher die Temperatur des Wasserbades ist. Die Unterschiede sind dabei recht erheblich. Soll beispielsweise der Dickschlamm auf  $40^\circ \text{C}$  erwärmt werden, so wird bei einer Wasserbadtemperatur von rd.  $80^\circ \text{C}$  nur eine Mischzeit von 1 min benötigt. Dagegen steigt die Mischzeit bei einer Wasserbadtemperatur von rd.  $55^\circ \text{C}$  auf 4 Minuten und bei nur  $45^\circ \text{C}$  Wasserbadtemperatur bereits auf das Doppelte, also rd. 8 Minuten. Gleichzeitig ist in dieser graphischen Darstellung die Wasserbadtemperaturkurve zur Herstellung von Dickschlammtempera-



turen von  $40^{\circ}\text{C}$  eingezeichnet. Diese Kurve gibt für jede beliebige Mischzeit die erforderliche Wasserbadtemperatur an. Demnach muß bei einer Mischzeit von 2 Minuten das Wasserbad eine Temperatur von rd.  $68^{\circ}\text{C}$  haben oder bei 5 Minuten rd.  $52^{\circ}\text{C}$ .

Diese Zahlenwerte sind bei der Erwärmung von nur 3 kg Dickschlamm in der Versuchsanordnung erhalten worden und geben nur einen Überblick über die Abhängigkeiten und Kurventendenzen.

Aufschlußreich ist ferner die folgende graphische Darstellung (Abb. 15), in der die Abhängigkeit der Drehzahl von Temperatur und Mischzeit aufgetragen ist. Dabei ist zu bemerken, daß erst von einer Drehzahl

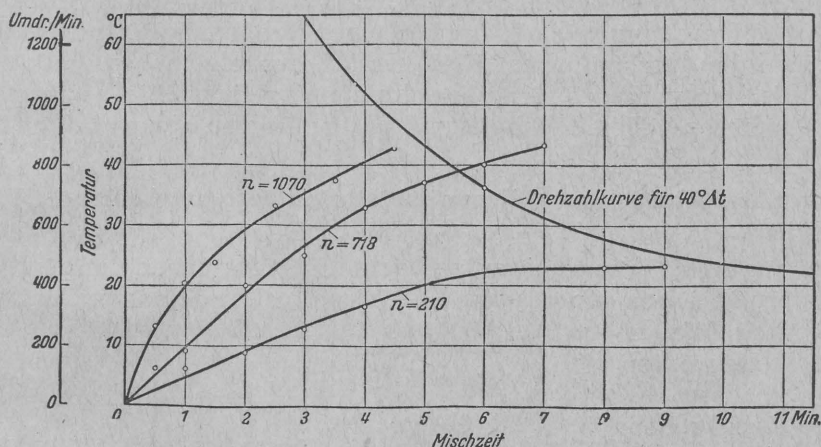


Abb. 15: Die Erwärmung des Badetorfes

bei verschiedenen Umdrehungszahlen ( $n$ ) und Konzentrattemperatur des Heizmantels. Die „Drehzahlkurve“ zeigt die Abhängigkeit zwischen der Umdrehungszahl des Rührers und der erforderlichen Mischzeit für  $40^{\circ}\Delta t$

von 400 ab überhaupt eine langsam einsetzende Durchmischung der Badetorfmasse stattfindet. Je höher die Rührerdrehzahl, um so kürzer sind die Mischzeiten bei bestimmter gleichbleibender Temperatur des Wasserbades. So beträgt z. B. die Mischzeit bei einer Wasserbadtemperatur  $t = 55$  (Anfangstemperatur des Torfes  $12-14^{\circ}\text{C}$ ) zur Herstellung einer Dickschlammtemperatur von  $40^{\circ}\text{C}$  bei einer Drehzahl von 1070 Umdr./min nur 3,8 Minuten und bei 718 Umdr./min bereits 6 Minuten. Besonders interessant ist in diesem Zusammenhang die Drehzahlkurve zur Herstellung von Dickschlammtemperaturen von  $40^{\circ}\text{C}$ . Während demnach bei Drehzahlen von 1000 Umdr./min nur rd. 4,2 Minuten erforderlich sind, steigt die Mischzahl bei nur 500 Umdr./min über das Doppelte auf rd. 9 Minuten. Auch diese Zahlenangaben können keinerlei allgemeine Gültigkeit haben. Sie zeigen aber eindeutig, daß z. B. eine intensive Durchmischung des badegerechten Dickschlammes bei der Erwärmung die notwendige Mischzeit stark zu drücken vermag.

## Der Aufbereitungsstammbaum.

Geeignete Unterlagen zur Planung liefern Verarbeitungsstammbäume, aus denen der Aufbereitungsgang am übersichtlichsten hervorgeht. Im folgenden sei zunächst die Arbeitsweise einer alten Badetorfaufbereitungsanlage, in der noch der Handbetrieb vorherrscht, dem Entwurf einer neuzeitlichen Badetorfaufbereitung gegenübergestellt. Dabei ist zu bemerken, daß eine Anzahl von Einrichtungen noch satzweise arbeitet. Das Ziel kann jedoch nur die stetig arbeitende Anlage sein. Hierfür müssen aber noch einige Vorrichtungen entwickelt werden. Um für dieses Endglied der Entwicklung Erfahrungen sammeln zu können, erscheint es zunächst notwendig, Versuchsanlagen in der hier aufgezeigten Richtung zu bauen, die gegenüber dem derzeitigen Stand der Badetorfaufbereitungstechnik bereits einen großen Fortschritt bedeuten. Wie die durchgeführten Kleinversuche gezeigt haben, gelingt es mit Hilfe der vorgesehenen Einrichtungen, gleichmäßig temperierte Moorbäder von hohem Feinheitsgrad und optimalen Eigenschaften herzustellen.

### 1. Der Stammbaum einer älteren Badetorfaufbereitungsanlage (Handbetrieb).

Wie aus Abb. 16 zu ersehen ist, beginnt die Torfbehandlung mit der Vorlagerung. Diese dauert etwa 6—9 Monate. Der gelagerte Torf wird

nun durch Wagen zu Stachelkegelwerken gebracht. Diese Kegelwerke sind breitspaltig und lockern das Aufgabegut auf. Das zerkleinerte Gut fällt anschließend auf ein Schüttelsieb von etwa 40 mm IMW. Der Siebdurchgang — 40 mm ist bereits badegerecht und wird in Wagen zur Moorbrücke gefördert, während der Siebrückhalt + 40 mm in Wagen zu einem Mischer gebracht wird. Dieser Mischer besteht aus einem Holzbottich ohne Rührer, in dem ständig unter Druck stehender Wasserdampf eingeleitet wird. Der Torf soll nun unter direkter Ein-

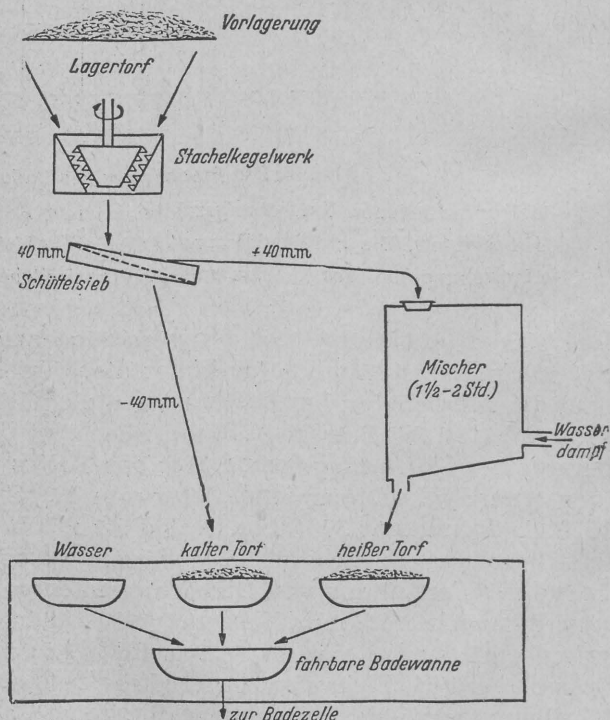


Abb. 16: Stammbaum einer älteren Badetorfaufbereitungsanlage (Handbetrieb)

wirkung des Dampfes aufgeschlossen werden. Das „Mischen“ dauert 1½ bis 2 Stunden. Der nur z. T. aufgeschlossene und heiße Torf kommt nun ebenfalls auf die Moorbrücke. Hier werden die fahrbaren Wannen mit Torf gefüllt. Durch Mischung von Kalttorf, Heißtorf und Wasser wird nun jede gewünschte Temperatur und Konsistenz hergestellt. Die allzu groben Steine und Torfklumpen werden aus der Wanne durch einen Sieblöffel entfernt. Die Homogenisierung des Bades erfolgt durch Mischung von Hand mit einem Holzspaten. Dieser wird etwa im Zeichen der Zahl 8 bewegt. Die Temperatur des fertigen Moorbodens wird durch ein Thermometer kontrolliert, wobei an zwei verschiedenen Stellen gemessen wird. Normalkonsistenz ist dann erreicht, wenn eine mit dem Finger auf der Oberfläche des Bades geschriebene Zahl stehen bleibt.

Diese Torfbehandlung ist seit einem Jahrhundert fast unverändert geblieben und in jeder Beziehung unbefriedigend. Der Gesamtverlust an Torf bis zu 15 % die zu große Menge an Steinen und Klumpen in der badefertigen Wanne und vor allem der große Bedarf an Personal hat die Kurbetriebe veranlaßt, Grundlagen für neuzeitliche Badetorfaufbereitungsanlagen ausarbeiten zu lassen.

## **2. Der Aufbereitungsstammbaum einer satzweise und stetig arbeitenden Anlage.**

### *a) Die satzweise arbeitende Anlage.*

Nachdem die Grundlagen der Badetorfaufbereitung ausführlich herausgearbeitet worden sind, ergibt sich ein zweckentsprechender Verarbeitungsstammbaum, z. B. für die Aufbereitung von Waldbruchtorf, von selbst. Der Rohtorf wird vom Lager durch Wagen oder Förderband der Aufbereitungsanlage zugeführt und fällt in den Aufgabetrichter einer Stachelwalzenmühle (Abb. 17). Das durch diese Vorzerkleinerung weitgehend aufgelockerte Gut wird den Vormischern zugeführt. Da jedem Taifunmischer nur bestimmte gewichtsmäßig bekannte Rohtorfmengen aufgegeben werden sollen, ist das Vorschalten einer Waage notwendig. Folgende einfache Einrichtung erscheint zweckmäßig: Das eine Waagebalkenende wird als Ring ausgebildet, in dem ein konisches Meßgerät aufsitzt, während ein Reitergewicht am anderen Ende des Waagebalkens die Tara ausgleicht. Zum Beschicken des Meßgefäßes wird beispielsweise das Förderband eingeschaltet und fördert selbsttätig Rohtorf aus einem Vorbunker, bis das gewünschte Nettogewicht erreicht ist. Bei Übergewicht senkt sich das Meßgerät und bedient dabei selbsttätig einen Druckschalter, durch den das Förderband stillgesetzt wird. Auch die jedem Vormischer zulaufende Menge an Braunwasser muß durch Wassermesser bestimmbar sein, damit entsprechend die der jeweils im Laboratorium ermittelten Wasserkapazität notwendige Flüssigkeitsmenge zur Herstellung normalkonsistenter Bäder auch tatsächlich zugegeben werden kann.



Nach bestimmten versuchsmäßig zu ermittelnden Mischzeiten wird der Inhalt der Vormischer einem Kreisschwingsieb, wie beispielsweise einem Turboschwingsieb, zugeführt, das mit hintereinander liegenden

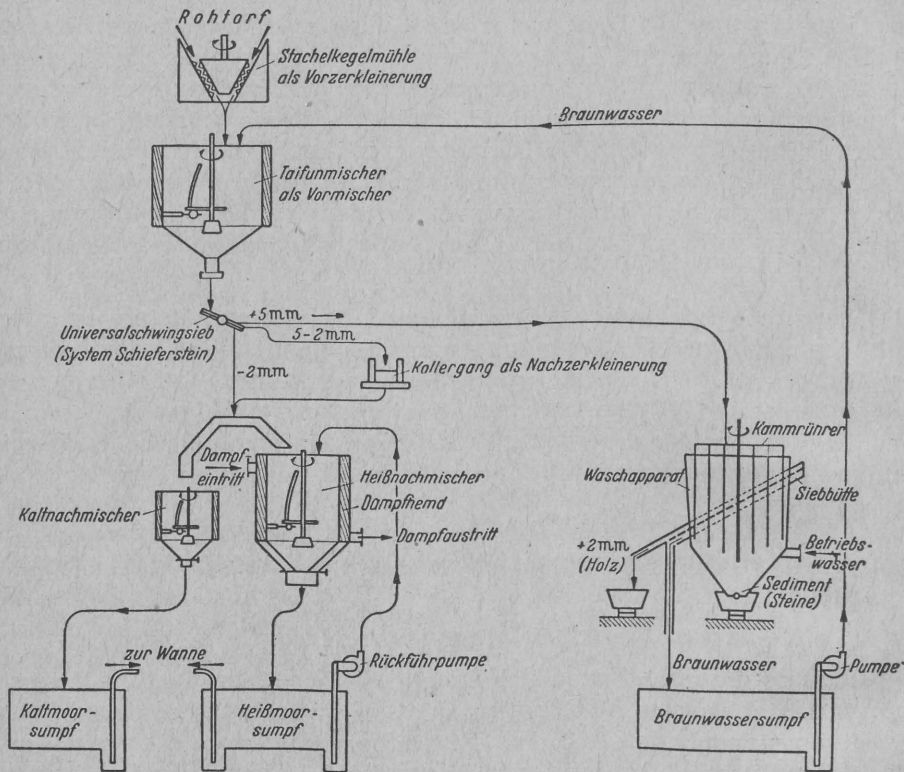


Abb. 17: Stammbaum einer satzweise arbeitenden Aufbereitungsanlage

Harfensieben von Spaltenabständen von 2 mm und 5—8 mm bespannt ist. Bei der Herstellung nur einer Badetemperatur wird der Siebdurchgang — 2 mm sogleich dem Heißnachmischer zugeleitet, um nach bestimmter Mischzeit — sobald die erforderliche Temperatur erreicht ist — in den Heißmoorsumpf abgelassen zu werden. Wenn Bäder mit verschiedenen Temperaturen abgegeben werden, so ist außer dem Heißnachmischer noch ein Kaltnachmischer erforderlich, der die homogenisierte Masse nach Bedarf dem Kaltmoorsumpf abgibt.

Die durch die beiden Siebe begrenzte Kornklasse — beispielsweise 5—2 mm — wird einem Kollergang zugeführt, der die Klumpen zerdrückt und die Masse homogenisiert, die dann entweder dem Heiß- oder gegebenenfalls auch dem Kaltnachmischer zugeführt wird. Das Grobkorn wird als Siebrückhalt zum Waschapparat gefördert. Das die abgewaschenen Peloidanteile enthaltende Braunwasser wird im Braunwassersumpf gespeichert und durch eine Pumpe einem kleinen Hoch-

behälter zugeführt, der über den Vormischern aufgestellt wird. Als Betriebswasser wird dem Waschapparat vorgewärmtes Stauwasser, Mineralwasser oder Grundwasser zugeleitet.

Das anfallende Holz, Wurzelwerk usw. kann gegebenenfalls einer weiteren Verwendung zugeführt werden. Es wird z. B. nach Lufttrocknung im Kesselhaus verfeuert.

Wenn auch anzustreben ist, die erwärmte Dickschlammmenge täglich aufzubrauchen, so muß trotzdem für eine Möglichkeit gesorgt werden, den Dickschlamm vom Heißmoorsumpf dem Heißnachmischer zum Nacherwärmen durch eine Dickschlammpumpe rückzuführen.

#### *b) Die stetig arbeitende Anlage.*

Bei Badetorf-Großaufbereitungsanlagen würden satzweise arbeitende Einrichtungen im Betrieb infolge des erhöhten Personalbedarfes hohe Betriebskosten verursachen und nicht gleichmäßig genug arbeiten. Infolgedessen ist ein stetig arbeitender Verarbeitungsgang anzustreben. Einige für die satzweise arbeitende Anlage vorgeschlagene Maschinen arbeiten bereits stetig, so z. B. das Stachelwalzwerk, das Turboschwing-sieb, der Kollergang (Kollermühle) und der Waschapparat. Um einen stetigen Durchlaufbetrieb zu gewährleisten, ist nur noch eine Weiterentwicklung der Vormischer, der Kalt- und Heißnachmischer notwendig. Die erforderlichen konstruktiven Arbeiten sind bereits eingeleitet. Die stetig arbeitende Anlage hat gegenüber der satzweisen den großen Vorteil der Einstellbarkeit, wobei zwar ein gleichmäßiger Zulauf an Roh-torf und Braunwasser vorausgesetzt werden muß, wobei aber auch ein gleichmäßiges Endprodukt sichergestellt ist.

#### *c) Die räumliche Planung.*

Die Dimensionierung der notwendigen Aufbereitungsmaschinen richtet sich nach der zu verarbeitenden Menge, d. h. nach der Anzahl der täglich abzugebenden Bäder, die räumliche Anordnung nach den örtlichen Verhältnissen. Am Beispiel eines Entwurfes für eine kleine Betriebsanlage, die an einem Steilhang erstellt werden kann, wird die räumliche Planung sichtbar (Abb. 18). Dabei ist vor allem Wert darauf gelegt, Zwischenhebungen unbedingt zu vermeiden. Diese Anlage ist insofern einfach, als nur Bäder von einer bestimmten Temperatur abgegeben werden sollen.

Das Aufbereitungsgebäude wird in Arbeitsbühnen aufgeteilt, und zwar wird eine Hauptbühne so anzulegen sein, daß die Vormischer-ausläufe mühelos zu bedienen sind. Eine besondere Arbeitsbühne macht das Turboschwingsieb zugänglich.

An Personal werden für eine kleine Anlage bei satzweiser Arbeitsweise zwei Mann benötigt, und zwar ein Mann, der den oberen Teil der Anlage überwacht und die Vorzerkleinerung, die Vormischung beauf-

sichtigt und die notwendigen Schieber bedient. Der zweite Mann betreut das Schnellschwingsieb, den Heiß- und gegebenenfalls den Kalt-nachmischer, sowie den Waschapparat.

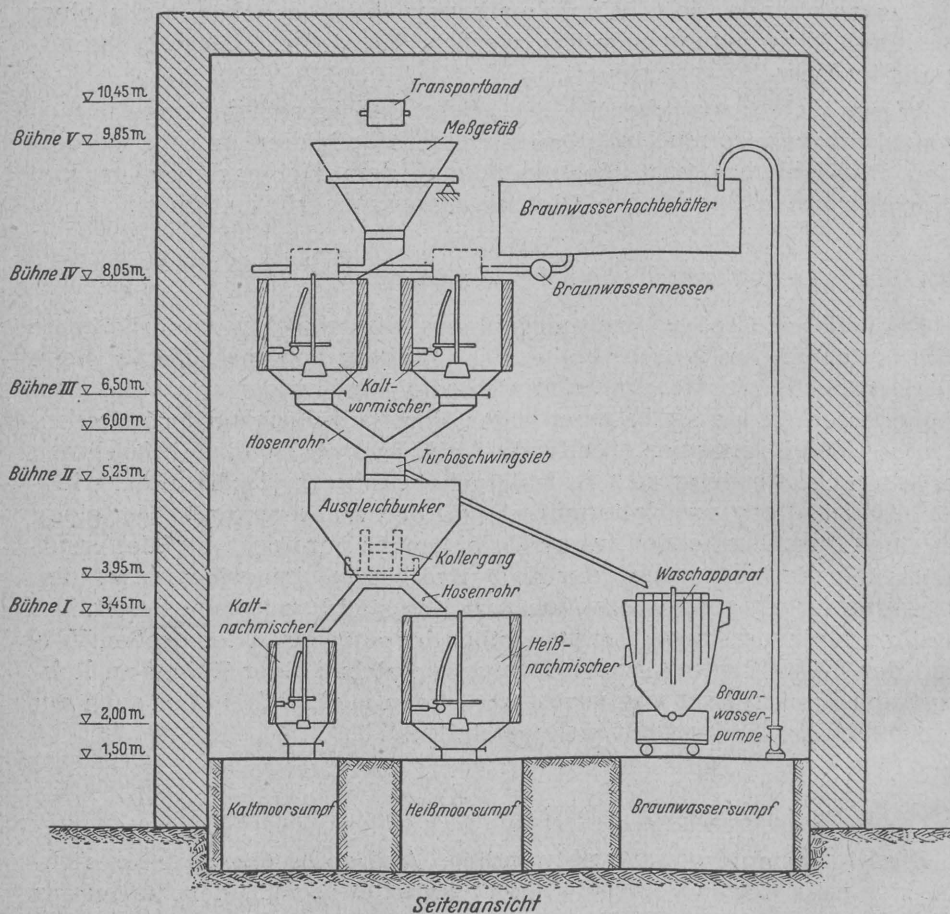


Abb. 18: Anordnung der Maschinen bei einer satzweise arbeitenden Aufbereitungsanlage

In jedem Fall ist Einzelantrieb anzustreben. Die Taifunmischer sind bereits mit Motoren ausgerüstet, die direkt die Rührwelle antreiben. Auch das Turboschwingsieb erhält Einzelantrieb, ebenso die Pumpen und der Waschapparat. Um z. B. 15 Badezellen stetig mit Dickschlamm versorgen zu können, dürfte nach Schätzung und Rechnung der Kraftbedarf etwa insgesamt 30 PS betragen, so daß die Aufbereitung des Rohtorfes bis zum badefertigen Dickschlamm je Tonne kraftbedarfsmäßig rd. 3,5 PS erfordern dürfte.

#### Die Förderung des Dickschlammes zu den Badezellen und die Nachbehandlung in der Wanne.

Die Förderung des Dickschlammes von den Vorratssümpfen zu den Badezellen gehört nicht mehr zum Arbeitsgebiet des Aufbereiters. Das



Umpumpen in Ringleitungen, wie es z. B. durch das Verfahren von Rheinmetall-Borsig<sup>23</sup> in einigen Bädern eingerichtet worden ist, hat sich gut bewährt. Da gerade durch das vorgeschlagene Aufbereitungsverfahren ein breiartiger Dickschlamm hergestellt wird, dessen größtes Korn etwa bei 2 mm liegt, werden Schwierigkeiten beim Pumpen des Dickschlammes kaum auftreten.

Badebetriebe, die Moorbäder mit verschiedenen Temperaturen abgeben, haben eine Kalt- und Warmringleitung nötig. Infolgedessen ist auch im Aufbereitungsstammbaum ein Kalt- und Heißmoorsumpf vorgesehen. Schwierigkeiten dürfte nur die Mischung von Kalt- und Heißmoor bereiten, wobei eine vollkommen ausgeglichene Badtemperatur unter allen Umständen anzustreben ist.

In einem Moorbad mit Handbetrieb sind z. B. Vorräte an Kalt- und Warmtorf vorhanden. Zuerst wird die Badewanne mit warmem Torf gefüllt und eine kleinere Menge von kaltem Torf zugemischt. Der Wanneninhalt wird dann mit einem Holzspaten von Hand gerührt. Eine solche Mischung in der Wanne sichert keinen zuverlässigen Temperatureausgleich. Messungen haben ergeben, daß Unterschiede von 2 ° C und mehr an verschiedenen Stellen der Wanne keine Seltenheit sind. Man überzeuge sich selbst von der Ungleichmäßigkeit der Temperatur, indem man ein Versuchsbad nimmt. Bei den niedrigen Wärmeleitzahlen der Torfe erfordert eine von Hand ausgeübte Mischung Zeit und Mühe.

In anderen Moorbädern werden z. B. nur drei Temperaturen hergestellt, und zwar 40, 41 und 42 ° C. Während der Aufbereitung wird der Badetorf auf 40 ° C gebracht. Die Erwärmung auf 41 und 42 ° C findet erst in der Wanne statt, und zwar wird Dampf in diese eingeleitet und mit einem Spaten durchgerührt. Ganz abgesehen von der schädlichen Wirkung des Dampfes auf den Torf ist auch hier der Temperatureausgleich ungenügend. Es wurden Temperaturunterschiede in der badefertigen Wanne bis 3 ° C gemessen.

Aus diesen Beispielen ist ersichtlich, daß gerade der ausgeglichenen Temperatur in der Wanne erhöhte Beachtung zu schenken ist. In diesem Zusammenhang sollen nur einige Vorschläge gebracht werden, und zwar dürfte der erste dem anzustrebenden Ziel nahe kommen, jedoch zu kostspielig und umständlich sein. Demgegenüber wäre der zweite Vorschlag einfach und billig, sofern es gelingen würde, geeignete Ausfluß- und Mischhähne zu entwickeln, während der dritte Vorschlag in Anlehnung an die derzeitigen Gepflogenheiten dem Personal die Arbeit erleichtern soll.

1. Der badegerechte Dickschlamm kommt von der Aufbereitungsanlage in zwei Rohrleitungen — kalt und heiß — und wird zunächst vor jeder Badezelle in ein Gefäß geleitet. Dieses Gefäß, das den Inhalt etwa einer Wanne aufzunehmen hat, wird als Mischer ausgebildet. Durch eine durch Motor angetriebene Schnecke wird nun Kalttorf mit heißem Torf intensiv durchmischt. Die Temperaturkontrolle erfolgt durch an mehreren Stellen eingebaute Thermometer. Das Mischgefäß

ist nach außen thermisch isoliert. Erst auf die gewünschte Temperatur gebrachter Badetorf wird der Wanne durch einen Ausflußhahn zugeleitet. Das Mischgefäß soll außerhalb der Badezelle stehen, so daß die Vorbereitung des nächsten Bades während der Badezeit durchgeführt werden kann. Diese Lösung würde ohne Zweifel eine ausgeglichene Temperatur gewährleisten. Der zweckentsprechende Bau eines solchen Vormischers bedarf noch weiterer konstruktiver und versuchsmäßiger Arbeit. Dabei darf nicht übersehen werden, daß bei einer Großanlage jede Badezelle einen solchen Mischer mit Elektromotor benötigt.

2. Eine einfachere Lösung wäre die Zuleitung in die Wanne aus der Heiß- und Kaltleitung durch einen V-förmigen Hahn (Abb. 19). Die beiden Absperrhähne werden gleichzeitig aufgemacht, und der Kalt- und Heißturf wird schon beim Auslauf aus dem Hahn unter Druck eng miteinander vermischt. Es wird sich voraussichtlich ein Gemisch von kleinen Ringen aus Heiß- und Kaltmoor in der Wanne bilden.

3. Um nun die kleinen in der Wanne vorhandenen Heiß- und Kalt-  
ringe endgültig zu beseitigen und auf Temperatur zu bringen, wird ein  
zusätzliches Rühren mit einem kleinen Handrührer (Abb. 20) vorge-

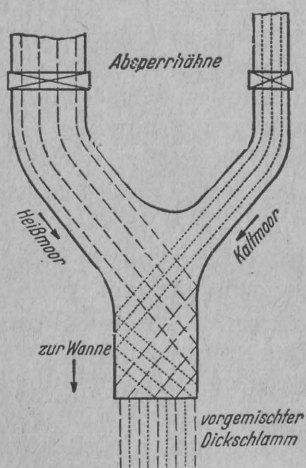


Abb. 19: V-förmiger Hahn  
als Vormischer

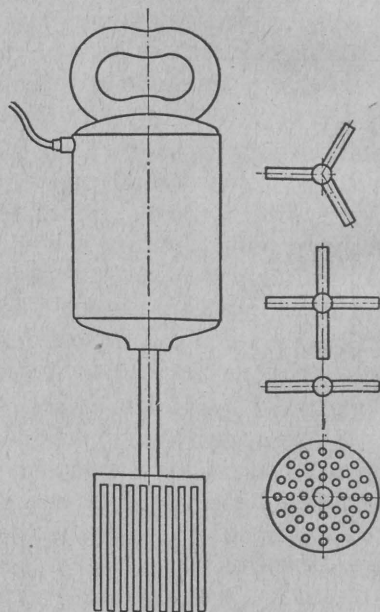


Abb. 20: Handmotor mit ver-  
schieden Kamrührern zur  
Nachmischung in der Wanne

schlagen (Elektroquirl). Der Motor mit dem Rührer dürfte nicht mehr als 2,5—3 kg wiegen. Da es sich nur um eine schon vorgemischte Masse handelt, wird der Temperatenausgleich höchstens 2—3 Minuten dauern. Der Elektroquirl kann von Zelle zu Zelle in einem Gefäß getragen werden. Auf Grund mehrerer Laboratoriumsversuche wird ein kammförmig-

ger Rührer vorgeschlagen. In einem Gefäß wurden z. B. 1 kg Badetorf von Zimmertemperatur und 1 kg Badetorf mit 60–65 ° C vorsichtig übereinander gegossen. Es wurden Temperaturmessungen im unteren Teil des Gefäßes und im oberen gleichzeitig in kurzen Zeitabständen durchgeführt. Falls keine Mischung im Gefäß stattfindet, bleiben die Temperaturunterschiede im oberen und unteren Teil bestehen, bis die ganze Masse sich auf Zimmertemperatur abgekühlt hat. Dieser Versuch dauert über 10 Stunden.

Bei denselben Bedingungen wurde nun im Gefäß mit einem Rührer kräftig gemischt. Der Temperatúrausgleich erfolgte schon nach wenigen Minuten. Mit einem kleinen Propellerrührer wurde der Ausgleich nach 11 Minuten erzielt und mit einem Kammrührer bereits nach 2 Minuten 15 Sekunden, also schneller als beim Wasser bei natürlicher Konvektion. Die Ergebnisse dieser Versuche sind in Abb. 21 graphisch zusammen-

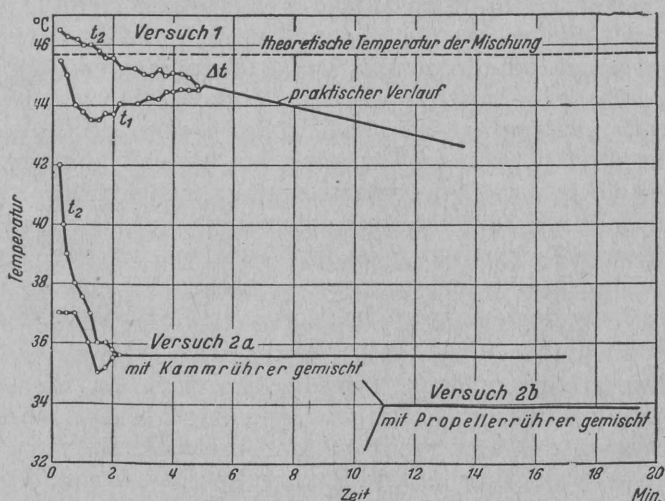


Abb. 21: Mischungsversuch zur Ermittlung des Temperatúrausgleichs

Versuch 1: Temperatúrausgleich bei Wasser durch natürliche Konvektion ohne Rühren; gleiche Mengen von Kaltwasser von 18,5 ° C mischen sich mit Heißwasser von 73 ° C  
Versuch 2: Temperatúrausgleich bei Badetorf (Normalkonsistenz) mit verschiedenen Rührern

- Kaltturf von 14,4 ° C gemischt mit Heißturf von 56,8 ° C mit einem Kammrührer
- Kaltturf von 13,1 ° C gemischt mit Heißturf von 55,2 ° C mit einem Propellerrührer

mengestellt. Aufschlußreich ist zunächst ein Versuch mit Kalt- (18,5 ° C) und Heißwasser (73 ° C) beim Mischen gleicher Mengen. Durch natürliche Konvektion, also ohne Rührung, erfolgt der Temperatúrausgleich nach 5 Minuten. Während nun beim Badetorf die Temperatur bei einem Propellerrührer nach 11 Minuten ausgeglichen war, konnte dieser Ausgleich mit einem Kammrührer bereits nach 2 Minuten erreicht werden. Diese Angaben zeigen deutlich, daß das mechanische Rühren in kürze-



ster Zeit den gewünschten Temperatúrausgleich schafft. Nach dem Temperatúrausgleich wurde an verschiedenen Stellen gemessen und festgestellt, daß die Abweichungen an den verschiedensten Stellen des Gefäßes höchstens 0,5° C betragen.

### **Die Behandlung des Torfes für Packungen im Rahmen der Aufbereitung.**

Ein mehr oder minder großer Teil des Badetorfes wird für Packungen verwendet. Das Material unterscheidet sich von dem gewöhnlichen Badetorf nur durch seinen geringeren Wassergehalt. Gegenwärtig wird das Packungsmaterial so vorbereitet, daß der Torf in besonderen Gefäßen auf höhere Temperatur gebracht wird. Der Temperaturbereich des Dickschlammes für Packungen liegt etwa zwischen 45 und 55°. Bei der Erwärmung wird die Masse sorgfältig gemischt. Die Durchmischung muß in den doppelwandigen Gefäßen besonders gründlich durchgeführt werden, weil sonst infolge zu geringer Wärmeleitfähigkeit der Masse in Kontakt mit der heißen Gefäßwand geratene Teilchen Brandstellen auf der Haut verursachen könnten. Das Packungsmaterial kann ähnlich wie die Badmasse hergestellt werden: Vorzerkleinerter Rohtorf wird entsprechend angefeuchtet auf das Turbosieb gegeben. Wenn auch in diesem Falle die Ausbeute an Dickschlamm (unter 2 mm) geringer sein wird, so geht doch kein Torf verloren, denn der Siebrückhalt wird dann zusammen mit Rohtorf zu Bädern weiter verarbeitet. Die für Packungen benötigte Menge Dickschlamm ist im Verhältnis zu den Mengen, die für Bäder gebraucht werden, ganz unbedeutend. Bei den Ausmaßen des Turbosiebes kann der erforderliche Vorrat an Packungsmaterial außerhalb der Badestunden in kurzer Zeit hergestellt werden.

Eine andere Lösung zur Herstellung des Packungsmaterials ist folgende: Der Rohtorf wird auf dem Kollergang gemahlen. Die in zerkleinertem Zustand kompakte Masse wird in Vorbereitungsräumen in kleinen Rührwerken — ähnlich den Teigknetmaschinen — in der Weise weiter verarbeitet, daß man aus der Druckleitung allmählich Dickschlamm von Badkonsistenz zugibt und so weit verdünnt, bis die Masse plastisch, nicht aber krümelig ist. Der geeignete Packungszustand ist auch daran zu erkennen, daß die Masse, wenn sie auf ein Leintuch gebracht wird, dieses zwar durchfeuchtet, daß sie aber kein Wasser abtropfen läßt. Es ist verfehlt, die Packungen im krümeligen Zustand aufzulegen, da in diesem Falle kein vollständiger Kontakt der Torfsubstanz mit der Haut erzielt werden kann.

### **Der abgebadete Torf und seine Regenerierung.**

Nach dem Moorbad wird der Patient mit Klarwasser abgebraust, wobei das normalkonsistente Moorbad erheblich dünner wird. Dieser Schlamm wird dann aus einem Sammelbecken durch Rohrleitungen den örtlichen Verhältnissen entsprechend mehr oder minder weit vom Badhaus entfernt zu „Moortaschen“ oder Teichen gepumpt oder im natürlichen Gefälle abgefördert. In einigen Kurorten wird bereits seit Jahren eine planmäßige Speicherung in Moortaschen (Absetzteichen) und eine

planmäßige Regenerierung des abgebadeten Torfes betrieben. Mitunter sind auch die Vorräte der Moorlagerstätten nicht ausreichend, um den Moorbadebetrieb längere Zeit sicherzustellen. Man hilft sich dann dadurch, daß zu dem frischen Torf ein Teil des regenerierten Torfes zugemischt wird. Es steht fest, daß regenerierter Badetorf einem frischen Torf meistens nicht gleichwertig ist. Die Veränderung in der Zusammensetzung während des Badens und bei der erneuten Lagerung sind nach der Art des Materials verschieden. Die Torfe, die gelöste Mineralstoffe enthalten, wie z. B. Eisenvitriol, werden an Mineralstoffen ärmer, da diese beim Eindicken teilweise in gelöster Form abgeführt werden (K e i l h a c k und B e n a d e <sup>28</sup>).

Erfahrungsgemäß soll nun der Badeschlamm zu einer gründlichen Regenerierung natürlichen Lagerungsbedingungen ausgesetzt sein. Vor allem soll er längere Zeit, etwa 3—5 Jahre, Ruhe haben, ehe er wieder verwendet werden kann. Dabei ist hier ebenso wie bei der Lagerung darauf zu achten, daß der Torf nicht austrocknet. Das Anlegen von Moortaschen am Fuß eines Abhanges ist zu vermeiden, da die Taschen dann auch durch Wind und Wasser mit Hangschutt mehr oder minder stark ausgefüllt werden. Die Regenerierung hat den Zweck, den durch die Aufbereitung, besonders die Erwärmung, veränderten Torf wieder dem Naturtorf möglichst ähnlich werden zu lassen. Es ist möglich, daß durch die erneut einsetzende Entwicklung der Mikroorganismen eine Regenerierung des Kolloidzustandes der Torfkomponenten herbeigeführt wird. Untersuchungen hierüber, wie auch über die Existenzmöglichkeit pathogener Keime im abgebadeten Material, sind Gegenstände künftiger Arbeiten. Die bisher von E. K o m m a durchgeführten Untersuchungen mit Colikeimen und Staphylokokken zeigen insofern günstige Ergebnisse, als einmal die saure Reaktion, wie sie besonders Hochmoortorfen eigentümlich ist, bereits bei verdünnten Torfsuspensionen die Entwicklung der Keime verhindert. Zum anderen wirkt bei den wenig sauren Torfarten die ihnen eigentümliche Bakterienflora antagonistisch, denn die Colikeime können sich nicht halten. Ähnliches fand auch U r b a i n s k y <sup>29</sup>. Sollte die Tätigkeit der Mikroorganismen von entscheidender Bedeutung sein, so ergibt sich die weitere Frage, ob man nicht durch Bakterienimpfungen die Lagerungszeit verkürzen kann. Solange wir jedoch hierüber nichts Genaueres wissen, ist es aus Gründen der Gewissenhaftigkeit gerechtfertigt, mehrere Jahre — mindestens drei — Lagerzeit festzusetzen.

Der regenerierte Torf bedarf der gleichen Aufbereitung wie der Frischtorf. Es ist daher zweckmäßig, diese beiden Torfarten bereits vom Moorlager aus im bestimmten Mischungsverhältnis der Aufbereitungsanlage zuzuführen. Durch das Lagern des abgebadeten Torfes in den Moortaschen entstehen im Laufe der Zeit neue Lagerstätten sedimentärer Art, die wiederum auch die Aufmerksamkeit des Aufbereiters erfordern und ein eingehendes Studium auch dieser Torfeigenschaften notwendig machen.

## Zusammenfassung.

Ausgehend von der Genesis der Moorklagerstätten werden zunächst die Eigenschaften des Rohtorfes als Heilmittel ausführlicher gekennzeichnet und die Anforderungen aufgezeigt, die an ein normalkonsistentes Moorbäd zu stellen sind. Einige Feststellungen verdienen dabei besonders hervorgehoben zu werden.

1. Im Bereich der vollen Wassersättigung oder der optimalen Wasserkapazität hat der Dickschlamm die richtige Badekonsistenz.
2. Der Rohtorf darf beim Lagern nur wenig austrocknen, da er sonst sein Wasserhaltungsvermögen verliert.
3. Nach ausreichender Vormischung und Entfernung von Wurzeln und Fasern ist die Torfmasse fein genug und bedarf keinerlei Feinmahlung. Optimale Badeigenschaften sind dann erreicht, wenn das größte Korn im Dickschlamm zwischen 2—4 mm liegt.

Zur Messung der Konsistenz wurde ein einfaches Kugelziehviskosimeter entwickelt, das auch zur Betriebsüberwachung geeignet sein dürfte.

Es wurden ferner die Grundlagen der Badetorfaufbereitung eingehender behandelt, wie z. B. die Lagerung des Rohtorfes oder die Vorzerkleinerung, die der Auflockerung dient, oder Fragen der Nachzerkleinerung zum Zwecke des Aufschließens der Klumpen. Das Mischen des aufgelockerten Rohtorfes mit Mineral- oder Braunwasser ist durch Taifunrührwerke von der Maschinenfabrik Paschke in Freiberg gut durchführbar. Die Sicherung der Kornfeinheit ist durch Siebklassieren möglich, wobei schnellaufende Kreisschwinger, die mit Harfensieben bespannt sind, zum Einsatz kommen.

Zur Grobkornaufbereitung wird ein einfacher Waschapparat verwendet, in dem die am Grobkorn anhaftenden feinen und feinsten Peloidanteile abgespült werden. Sodann wird die Erwärmung des badegerechten Dickschlammes eingehend behandelt, wobei Kleinversuche erkennen lassen, daß ein intensives mechanisches Rühren zur Herstellung temperatúrausgeglichener Bäder notwendig ist. Durch Verarbeitungsstammbäume wird die Aufbereitung eines Waldbruchtorfes an Hand einer neuzeitlichen, satzweise arbeitenden Anlage gezeigt, die den großen Vorteil der Einstellbarkeit und Gleichmäßigkeit mit der Einsparung von Arbeitskräften verbindet.

Schließlich wird die Aufbereitung des Torfes für Packungen im Rahmen der neuzeitlichen Aufbereitung berührt und die Regenerierung des abgebadeten Torfes eingehender behandelt.



## Literatur:

- 1 G. Keppeler: Die technische Nutzung der Moore, Hbch. der Bodenlehre, X, 95, Berlin 1932.
- 2 N. Ordjanian: Die Aufbereitung von Badetorf, Diss. Bergakademie Freiberg, Sachs. 1944.
- 3 W. Benade: Moore, Schlamm, Erden, Dresden und Leipzig 1938.
- 4 K. v. Bülow: Allgemeine Moorgeologie, Hbch. d. Moorkunde I, Berlin 1929.
- 5 H. Potonie: Kaustobuolithe. Abh. Preuß. Geol. Landesanst. N. F. 55, 3 Bände (1908, 1911, 1912).
- 6 H. Puchner: Der Torf, Stuttgart 1920.
- 7 S. W. Souci: Chemie des Moores, Stuttgart 1938.
- 8 I. Stoller: Alluvium, Hbch. d. vergleichenden Stratigraphie Deutschlands, Berlin 1931.
- 9 B. Tacke: Die naturwiss. Grundl. der Moorkultur, Berlin 1929.
- 10 B. Tacke: Die Humusböden der gemäßigten Breiten, Hbch. Bodenlehre IV, 124, Berlin 1930.
- 11 H. Vogt: Lehrbuch der Bäder- und Klimaheilkunde, Berlin 1940.
- 12 W. Benade: Balneologie 4, 49 (1937).
- 13 R. Potonié: Jahrb. Preuß. Geol. Landesanst. 58, 426 (1937).
- 14 W. Benade: Balneologie 10, 46 (1943).
- 15 W. Benade: Balneologie 10, 137 (1943).
- 16 K. Möllering: Diss. Dresden 1935.
- 17 A. Andreasen: Ber. d. Deu. Keram. Ges. 11, 249 (1930).
- 18 M. Köhn: Ztschr. Pflanzenern. Düngung A 11, 50 (1928); Dieselbe Ztschr. A 21, 211 (1931); Landw. Jahrb. 67, 485 (1928).
- 19 W. Benade: Umschau 47, 29, 1943.
- 20 H. Schade und W. W. Haagen: Veröff. d. Zentralst. f. Baln. N. F. H. 12, 1929.
- 21 W. Zörkendörfer: Balneologie 2, 387, 461 (1935), ferner Vogt, Lehrbuch S. 308.
- 22 K. Stockfisch und W. Benade: Balneologie 2, 203 (1935).
- 23 C. Friedrich: Lehrbuch Vogt (11) S. 172.
- 24 C. Friedrich: DRP. Nr. 683 814.
- 25 W. Benade: Erster Jahresbericht des Moorforschungsinstitutes für das Deutsche Bäderwesen, Fremdenverkehr 8 Nr. 5, 1943.
- 26 H. Glatzel: Untersuchungen über die Aufstellung von Leistungskennlinien an neuzeitlichen, schnelllaufenden Schwingsieben für die Fein- und Feinstklassierung verschiedener Massengüter. Dr.-Diss. Aachen 1938.
- 27 F. Trockels: Untersuchungen über den Betrieb von Kreisschwingsieben in Eisensteinaufbereitungsanlagen. Diss. Aachen 1939.
- 28 K. Keilhack und W. Benade: Mitt. a. d. Lab. d. Preuß. Geol. Landesanst. H. 15, 45, 1931.
- 29 H. Urbainky: Balneologie 7, 183, 1940.













